# GISAP:

## PHYSICS, MATHEMATICS AND CHEMISTRY

International Academy of Science and Higher Education
London, United Kingdom
Global International Scientific Analytical Project

№4 Liberal* | December 2014


"Hypothetics: everlasting stories"

Niels Henrik David Bohr was not the ardent fan of fishing. However, together with friends or colleagues sometimes he took part in voyages on Baltic or trips to small picturesque rivers and lakes of Jutland formally motivated by fishing purposes. However Bohr considered such events only as opportunities to communicate with close people, breathe fresh air, admire natural landscapes and to think in conditions of country silence…

In early September of 1913 the talented mathematician and the football player Harald – brother of Bohr suggested him to forget about teaching and research activities for a while and to go fishing with friends to the picturesque mouth of the Gudenå river. At first Bohr categorically rejected this offer. But then the young physicist's spouse Margaret literally forced Niels to accept this offer and "to get aired" a bit…

In the early and windless September morning brand new "Mercedes Benz" driven by Harald carrying four dozing passengers in the salon stopped near Randers Fjord - the wide gulf passing which the Gudenå's waters head to the Baltic Kattegat channel. River banks here were low. They closely approached the high mixed wood. The rising sun has already scattered multi-colored patches of light on a smooth water surface. It was playing with red in the yellowing crowns of deciduous trees piercing through dense branches of fir-trees. Lands around were filled with birds twittering and bumblebees and dragonflies continually rushing in front of people's eyes. Natural magnificence sated thoughts with the exciting tranquility and optimism…

- Get up, wake up, brother! – Harald shook shoulders of Niels sleeping on the front seat of the car. - Right now biting is best. You can sleep quietly in the fresh air in a shadow of that huge oak later!

In a few minutes Harald was sorting fishing gear on the cany shore with enthusiasm. His brother though was sitting on sand and nodding, so he pushed him in the shoulder.

- Grab the fishing pole, sleepyhead, and start catching fish – I have already prepared everything for you! - Harald gave the bamboo fishing-rod to Niels.

- I promise not to sleep and watch the floats together with you, but don't make me stand up, get into the water and hold the fishing pole, - told Niels and stubbornly muffled into a warm woolen plaid, - and you catch fish with two rods.

Harald shrugged his shoulders puzzly, but did not insist. He cast the first line - the one with the long and easy float, and then the second one – with roundish and heavy float.

- I start loving fishing! – Niels shouted out suddenly and jumped on his feet. – Cast the lines once again please - I liked this show!

Surprised Harald repeated the procedure. At first he cast the line with the light float. It plunged into the river creating circles smoothly going round. The heavy float of the right rod created stronger instability of water, but circles moved with lower speed. In a point where waves lifted by floats touched, their perfect circles began distort, but water circles created by the heavy float prevailed and have been seen slightly longer.

- The classical physics is incredibly evident after all! – Niels couldn't stop being inexplicably happy. – You see, Harald, it seems like it is capable to illustrate physical processes and at the quantum level! Electrons rotate around the nucleus by strict orbits up to the moment of interaction with other wave-shaped radiations. And then their orbits unexpectedly change…

When the last part of the revolutionary article by Niels Bohr called "On the structure of atoms and molecules" (with the statement of the quantum theory of hydrogen-like atom) was published in the December issue of the Philosophical Magazine in 1913, on his desktop Harald found a copy of this edition. On the cover he saw a smiling small fish and the phrase: "To the mathematician loving to fish from the physicist watching this".

Thomas Morgan
Head of the IASHE International Projects Department
December 12, 2014

Morgan

**GISAP: Physics, Mathematics and Chemistry №4 Liberal* (December, 2014)**

Chief Editor – J.D., Prof., Acad. V.V. Pavlov


ISSN 2054-6483
ISSN 2054-6491 (Online)

Design: Yury Skoblikov, Helena Grigorieva, Alexander Standichenko

Published and printed by the International Academy of Science and Higher Education (IASHE)
1 Kings Avenue, London, N21 1PQ, United Kingdom
Phone: +442032899949, e-mail: office@gisap.eu, web: http://gisap.eu



Print journal circulation: 1000

"*Liberal – the issue belongs to the initial stage of the journal foundation, based on scientifically reasonable but quite liberal editorial policy of selection of materials. The next stage of the development of the journal ("Professional") involves strict professional reviewing and admission of purely high-quality original scientific studies of authors from around the world"

# CONTENTS

# CONTENTS

UDC 629.7.018.7:681.3.06:621.396.96

# NON-LINEAR OPTIMAL ADAPTIVE SMOOTHING METHOD

A. Milshtein, Postgraduate Student
V. Paslyon, Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Head of a Chair
Donetsk National Technical University, Ukraine

The authors consider the nonlinear optimal adaptive smoothing method allowing joint implementation of the spatial and temporal redundancy of data of trajectory measurements.

**Keywords:** spatial redundancy, temporal redundancy, non-linear smoothing, basic function, matrix.

Conference participants, National championship in scientific analytics, Open European and Asian research analytics championship

УДК 629.7.018.7:681.3.06:621.396.96

# МЕТОД НЕЛИНЕЙНОГО ОПТИМАЛЬНОГО АДАПТИВНОГО СГЛАЖИВАНИЯ

Мильштейн А.В., аспирант
Паслён В.В., канд. техн. наук, доцент
Донецкий национальный технический университет, Украина

В статье рассматривается метод нелинейного оптимального адаптивного сглаживания, позволяющий совместно реализовать пространственную и временную избыточность данных траекторных измерений.

**Ключевые слова:** пространственная избыточность, временная избыточность, нелинейное сглаживание, базисная функция, матрица.

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

Быстрый прогресс в развитии авиационной и ракетно-космической техники привел к созданию и развитию радиолокационных и оптических систем траекторных измерений. В состав которых входят: радиолокационные и кинотеодолитные станции, измеряющие первичные параметры положения объектов, а также средства обработки, регистрации и отображения получаемой информации. С помощью аппаратуры информационно-измерительных комплексов вычисляются вторичные параметры положения и движения объектов, анализируются траектории их движения, а также производится послеполетная обработка полученных данных с целью оценки правильности работы бортовых комплексов.

Характерной особенностью данной области исследований является тесная взаимосвязь процессов измерения параметров положения и движения объектов и компьютерной обработки данных, получаемых от радиолокационных и оптических систем. По существу эти два процесса сливаются в единый процесс, составные части которого сильно влияют друг на друга и должны рассматриваться совместно.

Различные аспекты решения задач обработки траекторной информации рассматривались в работах отечественных авторов: Агаджанова П.А., Дулевича В.Е., Жданюка Б.Ф., Огороднийчука Н.Д., Паслена В.В., Мотылева К.И. и др., а также зарубежных авторов: Андрюса Д., Хьюбера П., Тьюки Дж. и др.

В целях повышения эффективности полигонных испытаний элементов перспективной системы противоракетной обороны, Министерство обороны США, начиная с 2000 года, проводили работы по созданию многофункциональной РЛС траекторных измерений морского базирования, получившей наименование XTR-1 (X-Band Transportable Radar). Данная станция предназначена для обнаружения, распознавания и сопровождения баллистических целей, а также измерения текущих параметров траекторий их полета.

Особенностью траекторной информации, полученной в результате испытаний, является пространственная и временная избыточность. Временная избыточность появляется по причине высокого темпа съема информации, а пространственная избыточность возникает вследствие многократного дублирования измерений различными измерительными средствами. Отличительной чертой траекторных измерений является исключительно высокая требуемая точность и тесная взаимосвязь процессов измерений и обработки информации. До появления персональных компьютеров (ПК) обработка измерительной информации производилась «вручную» или с помощью механических вычислительных средств (логарифмическая линейка, арифмометр, механическая вычислительная машина). Сглаживание информации осуществлялось графо-аналитическим способом, а для вычисления вторичных параметров положения ЛА применялись простые методы, основанные на использовании минимально-необходимого набора первичных координат.

При этом суть простых методов сводилась к аналитическому определению точки пересечения трех поверхностей положения. Алгоритмы преобразования координат при использовании таких методов просты и всем известны, что и явилось причиной их широкого распространения и использования.

К числу недостатков простых методов следует отнести:

– многообразие и неуниверсальность методов, что приводит к большим неудобствам и увеличению сроков обработки;

– наличие обширных зон низкой точности;

– неучет пространственной избыточности измерений, что приводит к потере точности.

Нами предлагается метод нелинейного оптимального адаптивного сглаживания, позволяющий совместно реализовать пространственную и временную избыточность данных траекторных измерений.

Для полиномиального описания стохастических траекторий при совместной реализации пространственной и временной избыточности вводится система линейно-независимых базисных функций (ЛНБФ) и вектор

коэффициентов сглаживающего полинома, состав и величина которого подлежат определению в ходе обработки. В работе нами предложена клеточно-матричная структура базисной функции для осуществления сглаживания путем совместной обработки данных внешнетраекторных измерений (ВТИ), обладающих пространственной и временной избыточностью.

Предлагаемая структура ЛНБФ имеет вид (1).

$$J_{kl}^T \Lambda J_{kl} = 0, \qquad (3)$$

где $J$ – Якобиева матрица, элементы которой $J_{kl} = FP_{kl}$;

$F$ – элемент матрицы проекций градиентов.

Для начала процесса Λ-ортогонализации положим

$$P_{00}(t,\tau) = \varphi_{00}(t,\tau);$$

$$J_{00} = \Phi_{00}.$$

$$\varphi(t,\tau) = \begin{vmatrix} \varphi_{00}(t,\tau_x)\varphi_{01}(t,\tau_x)\varphi_{02}(t,\tau_x)...\varphi_{m0}(t,\tau_x)\varphi_{m1}(t,\tau_x)\varphi_{m2}(t,\tau_x) \\ \varphi_{00}(t,\tau_y)\varphi_{01}(t,\tau_y)\varphi_{02}(t,\tau_y)...\varphi_{m0}(t,\tau_y)\varphi_{m1}(t,\tau_y)\varphi_{m2}(t,\tau_y) \\ \varphi_{00}(t,\tau_z)\varphi_{01}(t,\tau_z)\varphi_{02}(t,\tau_z)...\varphi_{m0}(t,\tau_z)\varphi_{m1}(t,\tau_z)\varphi_{m2}(t,\tau_z) \end{vmatrix}, \qquad (1)$$

где $\varphi(t,\tau) = (t-t_0)^0\,\tau_l^0\,(t-t_0)^0\,\tau_l^1\,(t-t_0)^0\,\tau_l^2...(t-t_0)^m\,\tau_l^0\,(t-t_0)^m\,\tau_l^1\,(t-t_0)^m\,\tau_l^2;$

$l = x, y, z$;

$m$ – степень сглаживающего полинома;

$t$ – текущий момент времени;

$t_0$ – момент времени, соответствующий середине интервала сглаживания.

$\tau_l$– вторая независимая переменная базисной функции.

Описанная структура ЛНБФ обладают рядом недостатков, поэтому целесообразным будет, если на множестве точек измерений удалось бы построить систему Λ-ортогональной базисной функции (Λ-ОБФ).

Предлагаемый нами способ состоит в приведении основной матрицы системы к диагональной форме путем построения такой системы Λ-ОБФ, с учетом нелинейного характера задачи, при которой недиагональные элементы основной матрицы системы сводятся к диагональному виду. Построение Λ-ОБФ двух переменных предлагаем осуществить следующим образом.

Пусть исходная система ЛНБФ в общем случае имеет вид (1) с общим элементом $\varphi_{kl}(t,\tau)$ (где $k$=0, …, $m$; $l$=0, …, 1, 2; $t_1$, …, $t_i$, …, $t_n$ – моменты времени на интервале сглаживания, $n$ – число моментов времени на интервале сглаживания, τ – независимая переменная, принимающая значения $\tau_x$, $\tau_y$, $\tau_z$).

Необходимо построить систему Λ-ОБФ вида (2), с общим элементом

Далее представим

$$P_{01}(t,\tau) = \alpha_{00,01}P_{00}(t,\tau) + \varphi_{01}(t,\tau), \qquad (4)$$

где вспомогательный коэффициент подлежит уточнению из условия (3).

Для этого на базе известных $J_{00}$ и $\Phi_{01}$ вычислим вектор-столбец $J_{01}$ по формуле

$$J_{01} = \alpha_{00,01}J_{00} + \Phi_{01}. \qquad (5)$$

Транспонируем вектор $J_{01}$ и умножим его справа на $\Lambda J_{00}$, полученный результат, благодаря условию (3), приравняем к нулю:

$$J_{01}^T\Lambda J_{00} = \alpha_{00,01}J_{00}^T\Lambda J_{00} + \Phi_{01}^T\Lambda J_{00} = 0. \qquad (6)$$

Из выражения (6) найдем значение неизвестного вспомогательного коэффициента $\alpha_{00,01}$:

$$\alpha_{00,01} = -\frac{\Phi_{01}^T\Lambda J_{00}}{J_{00}^T\Lambda J_{00}}. \qquad (7)$$

Аналогично представим

$$P_{00}(t,\tau)P_{01}(t,\tau)P_{02}(t,\tau)...P_{kl}(t,\tau)...P_{m0}(t,\tau)P_{m1}(t,\tau)P_{m2}(t,\tau) \qquad (2)$$

$P_{kl}(t,\tau)$, для которой недиагональные элементы основной матрицы системы уравнений равны нулю, т.е.

$$P_{02}(t,\tau) = \alpha_{00,02}P_{00}(t,\tau) + $$
$$+ \alpha_{01,02}P_{01}(t,\tau) + \varphi_{02}(t,\tau) \qquad (8)$$

и определим вспомогательные коэффициенты $\alpha_{00,02}$ и $\alpha_{01,02}$.

Для этого на базе известных $J_{00}$, $J_{01}$ и $\Phi_{02}$ вычислим вектор-столбец:

$$J_{02} = \alpha_{00,02}J_{00} + \alpha_{01,02}J_{01} + \Phi_{02}. \qquad (9)$$

Транспонируем вектор $J_{02}$, умножим его справа на $\Lambda J_{00}$ и, приравняв полученный результат к нулю на базе условия (3) получим:

$$\begin{gathered} J_{02}^T\Lambda J_{00} = \alpha_{00,02}J_{00}^T\Lambda J_{00} + \\ + \alpha_{01,02}J_{01}^T\Lambda J_{00} + \Phi_{02}^T\Lambda J_{00} = 0. \end{gathered} \qquad (10)$$

Аналогично получим

$$\begin{gathered} J_{02}^T\Lambda J_{01} = \alpha_{00,02}J_{00}^T\Lambda J_{01} + \\ + \alpha_{01,02}J_{01}^T\Lambda J_{01} + \Phi_{02}^T\Lambda J_{01} = 0, \end{gathered} \qquad (11)$$

домножив $J_{02}^T$ на $\Lambda J_{01}$.

Благодаря условию (3), выражения (10) и (11) упрощаются:

$$\begin{gathered} \alpha_{00,02}J_{00}^T\Lambda J_{00} + \Phi_{02}^T\Lambda J_{00} = 0, \\ \alpha_{01,02}J_{01}^T\Lambda J_{01} + \Phi_{02}^T\Lambda J_{01} = 0. \end{gathered} \qquad (12)$$

Из выражений (12) вычисляем коэффициенты

$$\begin{gathered} \alpha_{00,02} = -\frac{\Phi_{02}^T\Lambda J_{00}}{J_{00}^T\Lambda J_{00}}; \\ \alpha_{01,02} = -\frac{\Phi_{02}^T\Lambda J_{01}}{J_{01}^T\Lambda J_{01}}. \end{gathered} \qquad (13)$$

Процесс повторяется до получения $P_{m2}(t,\tau)$.

Если найдена функция $P_{k(l-1)}(t,\tau)$ системы (2), то следующая функция $P_{kl}(t,\tau)$ будет найдена из предложенного нами рекуррентного соотношения:

$$\begin{gathered} P_{kl}(t,\tau) = \sum_{\chi=0}^{k-1}\sum_{\lambda=0}^{2}\alpha_{\chi\lambda,kl}P_{\chi\lambda}(t,\tau) + \\ + \sum_{\chi=k}^{k}\sum_{\lambda=0}^{l-1}\alpha_{\chi\lambda,kl}P_{\chi\lambda}(t,\tau) + \varphi_{kl}(t,\tau), \end{gathered} \qquad (14)$$

где

$$\alpha_{\chi\lambda,kl} = -\frac{\Phi_{kl}^T\Lambda J_{\chi\lambda}}{J_{\chi\lambda}^T\Lambda J_{00\chi\lambda}}. \qquad (15)$$

Рассмотрим методику адаптивного нелинейного оптимального сглаживания многопараметрических данных

измерений с использованием предлагаемой нами структуры ЛНБФ (1):

Исходными данными для осуществления процесса сглаживания являются следующие величины:

$\xi_i^j$ – данные измерений $j$ первичной координаты (например, дальность, азимут, угол места в $i$-й момент времени);

$n$ – число точек на интервале сглаживания;

$N$ – число подлежащих обработке первичных координат;

$m_{max}$ – максимально возможная степень сглаживающего полинома.

Методика адаптивного нелинейного оптимального сглаживания данных траекторных измерений предусматривает:

1. Нахождение начального приближения вектора оценок коэффициентов сглаживающего полинома.

2. Определение максимально правдоподобной оценки (МПО) вектора коэффициентов сглаживающего полинома и формирование достаточных статистик.

3. Проверку статистик на значимость и формирование оптимального вектора оценок коэффициентов сглаживающего полинома.

4. Вычисление и вывод на печать сглаженных значений вторичных координат положения летательного аппарата (ЛА).

В общем виде последовательность решения задачи можно представить:

вичных координат рассчитываем вторичные координаты и формируем вектор несглаженных значений вторичных координат.

Если имеются данные РЛС, то вторичные координаты в местной системе координат рассчитываются по формулам [8]:

$$X = R \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha,$$
$$Y = R \cdot \sin\beta,$$
$$Z = R \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha,$$

где X, Y, Z – значения вторичных координат;

R, α, β – измеренные значения первичных координат дальности, азимута и угла места.

Если имеются данные двух КТС, то вторичные координаты в местной системе координат рассчитываются по формулам [8]:

$$X = -R_\Gamma \cdot \sin\alpha_1,$$
$$Y = R_\Gamma \cdot tg\beta,$$
$$Z = R_\Gamma \cdot \cos\alpha_1,$$
$$R_\Gamma = \frac{-\beta\sin\alpha_2}{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

где β – длина базы угломерной системы;

$\alpha_1$, $\beta_1$ – азимут и угол места первой КТС;

$\alpha_2$ – азимут второй КТС.

4. Пересчитываем вторичные координаты из местной системы коор-

$$\varphi \to \varphi^0 \to \xi \to \xi^* \to r^* \to \underset{\uparrow}{\hat{C}_\nu} \to \hat{r}_\nu \to \Delta\hat{\xi}_\nu \to F_\nu \to \Phi_\nu \to P_\nu \to J_\nu \to$$

$$\to \alpha_\nu \to U_\nu \to \Delta\hat{A}_\nu \to \hat{A}_\nu \to \hat{A}_{\nu+1} \to \hat{r}_{\nu+1} \to |r_\nu| > \overset{\leftarrow да}{\underset{нет}{\varepsilon}} \to U_n \to P \to \overset{\downarrow}{\tilde{A}} \to$$

$$\to F_{1,\nu} \to m \le \overset{\leftarrow да}{\underset{нет}{m_{\max}}} \to \text{если } F_{1,\nu} > F_{1,\nu,\alpha} \text{ то } a_{kl}^* = a_{kl} \text{ иначе } a_{kl}^* = 0 \to A^* \to \hat{r}^s$$

Более подробно ее можно представить следующим образом:

1. Формируем систему ЛНБФ структуры (1) с учетом максимально возможной степени сглаживающего полинома.

2. Формируем вектор измерений, состоящий из $N \cdot n$ элементов (где $N$ – количество измеряемых первичных координат, $n$ – число точек на интервале сглаживания).

3. По минимальному набору пер-

динат в стартовую систему координат.

5. Путем решения системы уравнения вида $\varphi^T \varphi C = \varphi^T r^*$ находим оценку коэффициентов сглаживающего полинома по формуле $\hat{C} = (\varphi^T \varphi)^{-1} \varphi^T r^*$.

6. По формуле $\hat{r}_0 = \varphi\hat{C} = \varphi(\varphi^T\varphi)^{-1}\varphi^T r^*$ находим начальное приближение вектора сглаженных значений вторичных координат.

7. По сглаженным значениям вторичных координат $\hat{r}_0$ вычисляем сглаженные значения начального приближения первичных координат $\hat{\xi}_0$ и формируем из них вектор со структурой идентичной структуре, приведенной в п.2.

Формулы пересчета из вторичных координат (стартовой системы) в первичные координаты (местной системы) имеют вид [8]:

$$R = \sqrt{(X - X_j)^2 + (Y - Y_j)^2 + (Z - Z_j)^2},$$

$$\alpha = arctg\frac{(Z - Z_j)}{(X - X_j)},$$

$$\beta = arctg\frac{(Y - Y_j)}{R_{xz}},$$

где $R_{xz} = \sqrt{(X - X_j)^2 + (Z - Z_j)^2}$;

$X_j$, $Y_j$, $Z_j$ – координаты станций, выполняющих измерения $j$-го первичного параметра;

X, Y, Z – вторичные координаты точки (объекта измерений) в пространстве в стартовой системе координат.

8. Определяем вектор отклонений $\Delta\tilde{\xi}_0 = \xi - \hat{\xi}_0$ данных ξ измерений от вычисленных первичных параметров $\hat{\xi}_0$, полученных на начальном этапе с использованием сглаживания полиномом $m$-го порядка.

9. По вычисленным значениям вторичных параметров рассчитываем проекции градиентов соответствующих первичных данных измерений по формулам, приведенным в [8], и формируем матрицу проекций градиентов.

10. По вычисленным значениям проекций градиентов, соответствующих первичным данным измерений и структуре ЛНБФ (1), формируем Якобиеву матрицу $\Phi$ с общим элементом:

$$\Phi_{i,kl}^j = \sum_{u=x}^{x,z}\left[\frac{\partial\xi_i^j}{\partial r_i^j}\varphi_{kl}(t_i, \tau_u)\right]$$

где U = X, Y, Z;

$l = 0, 1, 2$;

$j$ – тип первичной координаты;

или в матричной форме $\Phi = F\varphi$ (где $F$ – матрица проекций градиентов).

При этом положение элемента $\Phi_{i,kl}^j$

в матрице будет определяться следующим образом:

– циклически изменяющиеся индексы *j* и *i*, обозначающие соответственно тип (номер) измеряемого параметра и номер точки измерений, определяют номер строки в соответствии с упорядоченным расположением элементов вектора $\xi_i^j$ измерений;

– циклически изменяющиеся индексы *l* и *k*, обозначающие соответственно составляющую вычисляемого вектора положения (т.е. степень по аргументу $\tau$) и степень по аргументу *t*, определяют номер столбца в соответствии с упорядоченным расположением компонент $a_{kl}$ вектора *A*.

11. На базе системы ЛНБФ структуры (1) строим систему Λ-ОБФ из условия равенства нулю недиагональных элементов основной матрицы $J_{\nu kl}^T \Lambda J_{\nu kl} = 0$. Для построения Λ-ОБФ воспользуемся рекуррентной формулой (14) и (15).

12. Из значений вспомогательных коэффициентов (15), полученных в процессе построения Λ-ОБФ на $\nu$ шаге приближений, формируем верхнюю треугольную матрицу $\alpha_\nu$, диагональные элементы которой равны нулю.

13. Из значений вспомогательных коэффициентов (15) формируем верхнюю треугольную матрицу $U_\nu$ с общим элементом, рассчитанным по формуле

$$U_{\chi\lambda,kl} = \sum_{p=k}^{k}\sum_{q=0}^{l-1} U_{\chi\lambda,pq}\alpha_{pq,kl} + \sum_{p=0}^{k-1}\sum_{q=0}^{2} U_{\chi\lambda,pq}\alpha_{pq,kl}$$

Диагональные элементы этой матрицы равны единице.

Причем матрица *U* накапливается от одной итерации к другой и имеет вид $P_\nu = \varphi U_1 U_2 ... U_\nu = \varphi U_\Pi$, после завершения итеративного процесса.

14. По формуле

$$\Delta\hat{A}_\nu = (J_\nu^T \Lambda J_\nu)^{-1} J_\nu^T \Lambda \Delta\xi_\nu$$

рассчитываем вектор приращений последовательных приближений оценок коэффициентов сглаживающего полинома.

15 Найденная поправка $\Delta\hat{A}$ должна быть сложена с $\hat{c}_\nu$, соответствующим той же системе Λ-ОБФ, а не с $\hat{c}_\nu$, соответствующим системе ЛНБФ. Для этого необходимо операцию пересчета $\hat{C}_\nu$ в $\hat{A}_\nu$ проводить на этапе каждого приближения, так как Λ-ОБФ от итерации к итерации изменяется. Пересчет $\hat{C}_\nu$ в $\hat{A}_\nu$ производим по формуле

$$\hat{r}(t, C) = \varphi C = \varphi I C = \varphi U U^{-1} C = P\hat{A},$$

или $\hat{A}_\nu = (I - \alpha_\nu)\hat{C}_\nu$ (где *I* – единичная матрица).

16. По основному алгоритму

$$\hat{A}_{\nu+1} = \hat{A}_\nu + \Delta\hat{A}_\nu = \hat{A}_\nu + (J_\nu^T \Lambda J_\nu)^{-1} J_\nu^T \Lambda\{\xi - \xi[r(t, A_\nu)]\}$$

находим очередное приближение вектора оценок сглаживающего полинома.

17. По формуле $\Delta\hat{r}_\nu = P_\nu \Delta\hat{A}_\nu$ находим вектор приращений вторичных координат.

18. По формуле $\Delta\hat{r}_\nu = \hat{r}_\nu + \Delta\hat{r}_\nu$ вычисляем ($\nu$+1)-приближение вторичных координат.

19. Проверяем условие

$$\left|\Delta\hat{r}_\nu\right| \le \varepsilon,$$

где $\varepsilon$ = 0,1 – 0,5 м – константа, введенная для завершения итеративного процесса.

Если составляющие вектора $\Delta\hat{r}_\nu$ не удовлетворяют этому условию, то происходит переприсваивание

$$\hat{C}_\nu := \hat{A}_{\nu+1};\ \hat{r}_\nu := \hat{r}_{\nu+1};$$
$$\varphi_\nu(t,\tau) := P_\nu(t,\tau)$$

и начиная с пункта 5, процесс повторяется до выполнения условия пункта 19.

Если составляющие вектора $\Delta\hat{r}_\nu$ удовлетворяют этому условию, то последнее приближение вектора оценок коэффициентов сглаживающего полинома считается их максимально правдоподобной оценкой.

20. По критерию Фишера рассчитываем статистику по формуле

$$F_{1,\nu} = \frac{\hat{\alpha}_{\chi k}^2}{\hat{\sigma}_{\hat{\alpha}_{\chi k}}^2},$$

представляющая отношение квадрата оценки коэффициента полинома к оценке его дисперсии (где $\chi$ = 0, 1, 2; $k$ = 0, …, $m_{max}$).

21. Проверяем каждый компонент вектора коэффициентов сглаживающего полинома на значимость путем сравнения соответствующей статистики с табулированным пороговым уровнем, зависящим от числа степеней свободы и заданной доверительной вероятности.

Если соответствующая статистика больше порогового уровня, то проверяемый компонент остается в составе вектора коэффициентов сглаживающего полинома, если статистика меньше порогового уровня, то значение проверяемого компонента приравнивается к нулю.

Выполнив проверку, получаем оптимальный вектор оценок коэффициентов сглаживающего полинома $\hat{A}_{opt}$.

Умножив оптимальный вектор оценок сглаживающего полинома $\hat{A}_{opt}$ на систему Λ-ОБФ, получим значения вторичных координат положения ЛА.

22. Далее процесс повторяется с пункта 2, то есть обрабатывается следующий шаг локально-скользящего сглаживания (ЛСС).

23. Результаты сглаживания выводятся на печать в виде, удобном для потребителя.

Вывод: В результате проделанной работы нами доказана возможность осуществления нелинейного оптимального адаптивного сглаживания данных измерений с помощью системы ЛНБФ двух переменных и ее программная реализация на современных ЭВМ, с целью повышения точности и достоверности оценки вторичных параметров положения и движения испытываемых объектов.

## References:

1. Mil'shtein A.V. Metod nelineinogo sglazhivaniya v obrabotke dannykh traektornykh izmerenii [Non-linear smoothing method at processing of trajectory measurements data], A. V. Mil'shtein, V.V. Paslen, Collection of scientific works, State higher educational establishment. -Donets'k., DonIZT., Vol. 28., 2011., pp. 94–101.

2. Mil'shtein A.V. Novoe v praktike nelineinogo sglazhivaniya pri obrabotke dannykh traektornykh izmerenii [New things in practice of non-linear

smoothing at processing of trajectory measurements data], A.V. Mil'shtein, I.V. Drozda, V.V. Paslen, Avtomatizatsiya tekhnologichnikh ob'єktiv ta protsesiv. Poshuk molodikh: Zbirnik naukovikh prats' KhII naukovo-tekhnichnoї konferentsiї aspirantiv ta studentiv v m. Donets'ku [Automatization of technological objects and processes. Search for the young: Collection of scientific reports of the XII scientific and technical conference of postgraduates and students in the city of Donetsk], April 17-20, 2012. – Donets'k., DonNTU, 2012., pp. 55-57.

3. Milshtein O. To the question of application the structures of basic functions., O. Milshtein, I. Drozda, Y. Savytskaja, V. Paslon, Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science., Proceedings of the 11th International Conference, TCSET'2012, Lviv–Slavske, 21–24 February 2012. – Lviv., Lviv Polytechnic National University, 2012., 413 P.

4. Mil'shtein A.V. Vybor struktury ortogonal'nykh bazisnykh funktsii [Choosing the structure of orthogonal basic functions], A.V. Mil'shtein, V.V. Paslen, The latest technology in telecommunications: Abstracts of the V International scientific-technical symposium., January 17-21, 2012. – Kiev., 2012., p. 93–95.

5. Mil'shtein A.V. Issledovanie struktur bazisnykh funktsii [Examining the structure of basic functions], A.V. Mil'shtein, K.I. Motylev, V.V. Paslen, Coll. of scientific works of Donetsk Institute of Railway Transport. – Donets'k., DonIZT., Vol. 29., 2012., pp. 23–29.

6. Mil'shtein A.V. O vozmozhnosti primeneniya bazisnykh funktsii dvukh peremennykh v praktike traektornykh izmerenii [On the possibility of application of basic functions of two variables in the practice of trajectory measurements], A.V. Mil'shtein, I.V. Drozda, Ya.A. Savitskaya, V.V. Paslen, Sovremennye problemy radiotehniki i telekommunikacij RT-2012: 8-ja Mezhdunarodnaja molodjozhnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija [Modern problems of radio engineering and telecommunications RT-2012: 8th International Scientific and Technical Conference for Youth], April 23-27, 2012. – Sevastopol', 2012. – 330 p.

7. Mil'shtein A.V. Issledovanie sposobov postroeniya Λ-ortogonal'nykh bazisnykh funktsii dvukh peremennykh [Examination of methods of building Λ-orthogonal basic functions of two variables], A.V. Mil'shtein, K.I. Motylev, V.V. Paslen, Collection of scientific works of Donets'k Institute of Railway Transport. – Donets'k., DonIZT.,Vol. 30., 2012., pp. 19–27.

## Литература:

1. Мильштейн А.В. Метод нелинейного сглаживания в обработке данных траекторных измерений / А.В. Мильштейн, В.В. Паслён // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк: ДонІЗТ. – Випуск 28. – 2011. – С. 94–101.

2. Мильштейн А.В. Новое в практике нелинейного сглаживания при обработке данных траекторных измерений / А.В. Мильштейн, И.В. Дрозда, В.В. Паслён // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих: Збірник наукових праць XII науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку, 17-20 квітня 2012 р. – Донецьк : ДонНТУ, 2012. – С. 55-57.

3. Milshtein O. To the question of application the structures of basic functions / O. Milshtein, I. Drozda, Y. Savytskaja, V. Paslon // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science - Proceedings of the 11th International Conference, TCSET'2012, Lviv – Slavske, 21 – 24 February 2012. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2012. P. 413.

4. Мильштейн А.В. Выбор структуры ортогональных базисных функций / А.В. Мильштейн, В.В. Паслён // Новітні технології в телекомунікаціях: Збірник тез V Міжнарод. наук.-техн. сімпозіуму, 17-21 січня 2012 р. – К., 2012. – С. 93–95.

5. Мильштейн А.В. Исследование структур базисных функций / А.В. Мильштейн, К.И. Мотылев, В.В. Паслён // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк: ДонІЗТ. – Випуск 29. – 2012. – С. 23–29.

6. Мильштейн А.В. О возможности применения базисных функций двух переменных в практике траекторных измерений / А.В. Мильштейн, И.В. Дрозда, Я.А. Савицкая, В.В. Паслён // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2012: 8-я Международная молодёжная научно-техническая конференция, 23-27 апреля 2012 г. – Севастополь, 2012. – С. 330.

7. Мильштейн А.В. Исследование способов построения Λ-ортогональных базисных функций двух переменных / А.В. Мильштейн, К.И. Мотылев, В.В. Паслён // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк: ДонІЗТ. – Випуск 30. – 2012. – С. 19–27.

## Information about authors:

1. Aleksandr Milshtein - Postgraduate Student, Donetsk National Technical University; address: Ukraine, Krasnohorivka city; e-mail: alexander235@rambler.ru

2. Vladimir Paslyon - Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Head of a Chair, Donetsk National Technical University; address: Ukraine, Donetsk city; e-mail: paslen@yandex.ru

# OPTICAL GENERATION IN CDGEAS$_2$ CRYSTAL

R.J. Kasumova, Dr. of Physical and Mathematical sciences, Prof.
Baku State University, Azerbaijan

Conference participant, National championship in scientific analytics,
Open European and Asian research analytics championship

Tuneable parametric sources of coherent radiation in combination with the effects of frequencies mixing permit to extend considerably the field of tuneable wavelengths of laser radiation. The optical multipliers of frequency serve this task too. For this purpose there are successfully used $CdGeAs_2$, $ZnGeP_2$, $AgGaS_2$, $AgGaSe_2$ and other crystals. $CdGeAs_2$ crystals are attractive ones among the existing crystals due to the high nonlinearity of the second order. On the force of transparency of these crystals in the IR-range of spectrum they look attractive from the point of view for their applications for elaboration of frequency converters in this range of spectrum, where two windows of atmosphere exist [1-8].

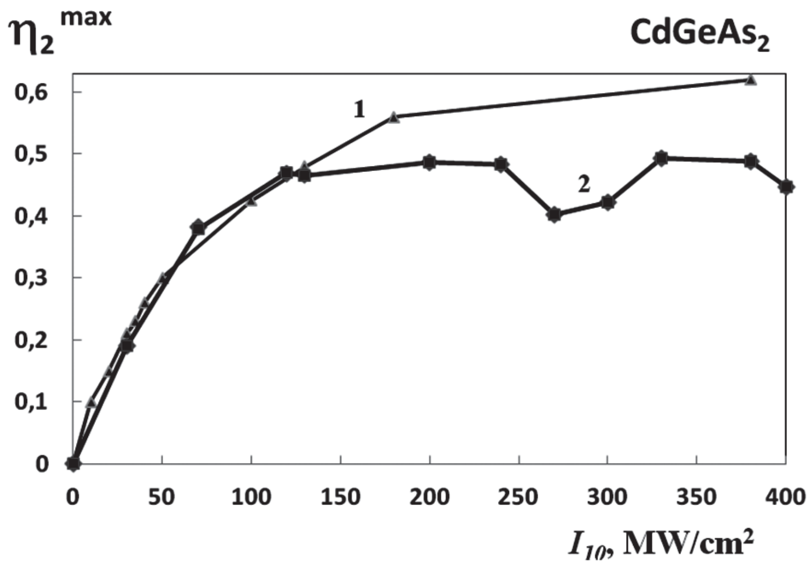



**Fig. 1. Dependences of conversion efficiency of radiation energy of pump wave energy of wave of second harmonic in $CdGeAs_2$ crystal as a function of the pump intensity $\eta_2\left(I_{10}\right)$ calculated in the constant-intensity approximation for *l*=0.7 см [2], $\delta_2=2\delta_1=0.05cm^{-1}$ [2], D=0.0028 cm$^{-1}$. Experimental dependence is curve 1 and envelope the maxima of theoretical dependences $\eta_2^{\max}(I_{10})$ – curve 2.**

Nonlinear interaction of optical waves is being investigated in theory mainly in the constant–field approximation [9]. In this approximation the coherent length of nonlinear medium depends exclusively on mismatch of wave vectors, while amplitude and phase of basic radiation are adopted unchanged. But this simplification is just only in the initial stage of interaction, when it is possible to ignore both the influence of excited wave of harmonic on basic radiation wave and exhaustion of pump. As a result a number of the qualitative features of nonlinear process are lost.

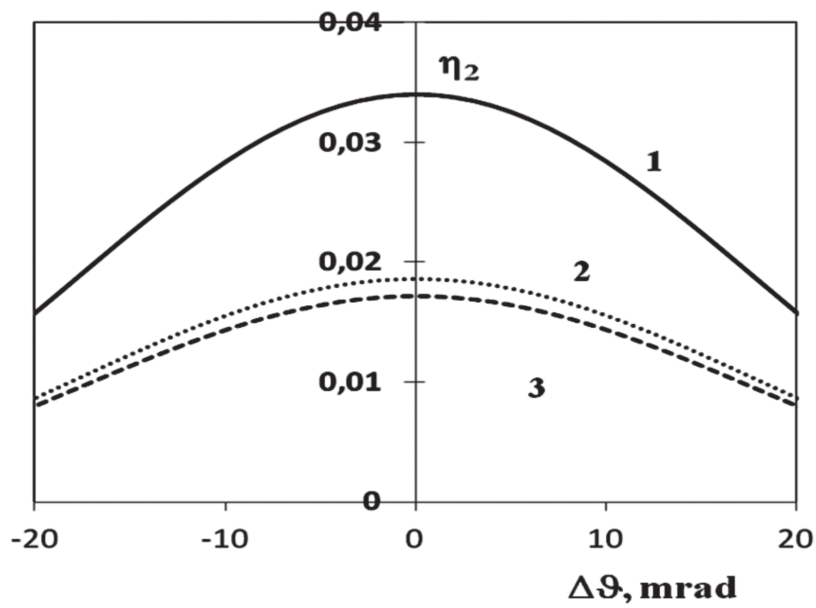



**Fig. 2. Dependences of conversion efficiency of radiation energy of pump wave ($\lambda=10.6$ mcm [3]) to energy of wave of second harmonic in $CdGeAs_2$ crystals as a function of the phase mismatch $\eta_2\left(\theta\right)$ calculated in the constant-intensity approximation at *l*=0.57 см [3], $\delta_2=2\delta_1=0.03$ cm$^{-1}$ (curve 2), 0.1 cm$^{-1}$ [3] (curves 1 and 3), $I_{10}$=0.0012 MW/cm$^2$ [3] (curves 2 and 3), 0.0024 MW/cm$^2$ (curve 1).**

For the analysis of nonlinear process the use of the direct numerical account of reduced equations is possible. However, the development of the analytical method will allow one to obtain the concrete analytical expressions and determine the optimum parameters of the task with the aim of obtaining maximum conversion efficiency. The simultaneous account for changes of phases and losses of interacting waves works well in the constant –intensity approximation [10-11] taking into regard the reverse reaction of excited wave to pump wave.

In the present work cited are the results of investigation of pump intensity impact on conversion efficiency in

$CdGeAs_2$ crystal in conditions of existing experiment. Comparison has been made of the received results on conversion efficiency with the analogous results obtained in the experiment [2-3]. The applied analytical method permits to calculate the optimum parameters of both crystal–converter and a source of radiation. Thus, for example, optimal crystal length at the given losses and pump intensity what makes possible an estimation of expected efficiency of conversion.

To investigate the nonlinear process we solve traditionally the system of differential equations, depicting generation of optical harmonic [9-11]. An analysis is made of ee→o type of scalar phase matching. We'll consider as a source of radiation in particularly the laser on free electrons [2], generating radiation on wavelength $\lambda = 10$ mcm.

Let's define conversion efficiency of pump wave to second harmonic with wavelength $\lambda = 5$ mcm. For this purpose we seek for solution by using the constant –intensity approximation with the corresponding boundary conditions. The subsequent move is a numerical calculation of the analytical expression for conversion efficiency received in the considered approximation. We carry out investigation in conditions used in the experiment for nonlinear frequency conversion in $CdGrAs_2$ crystal.

In Fig.1 the comparison of theoretical dependence $\eta_2^{\max}(I_{10})$ (curve 2) with experimental dependence received in [2] is shown. Here curve 2 is built as envelope the maxima of dependence beatings at change of pump intensity according to conditions of the experiment, in the range from $0 \div 400$ MW/cm$^2$. In this case good agreement of the results is observed at pump intensity to 130 MW/cm$^2$. At the given length of crystal–converter maximum efficiency conversion according to the result in the constant – intensity approximation reaches a value of 50% at pump intensities in the range from 130 to 400 MW/cm$^2$. In [2] it is reported on the achievement of 62% conversion efficiency to second harmonic at $I_{10} = 380$ MW/cm$^2$ in the experiment.

Dependence of efficiency of conversion to second harmonic from phase mismatch in case of $CdGeAs_2$ crystal is presented in Fig.2. For the given crystal the angle of phase matching on wavelength $\lambda = 10$ mcm is equal $32^0$. From the graph near phase matched it is seen that dependence is of gently sloping character at phase change caused by angular mismatch near direction of phase matching.

Angular width of phase matching of ½ maximum efficiency by level, calculated in the constant –intensity approximation at length of $CdGeAs_2$ crystal equal to 0.7 cm, makes up value in $1.4^0$. For comparison, in the experiment the analogous value is $1^0$ [2]. The facts of difference in the results be explained by the absence of detailed and precise information on conditions and parameters of the experimental studies.

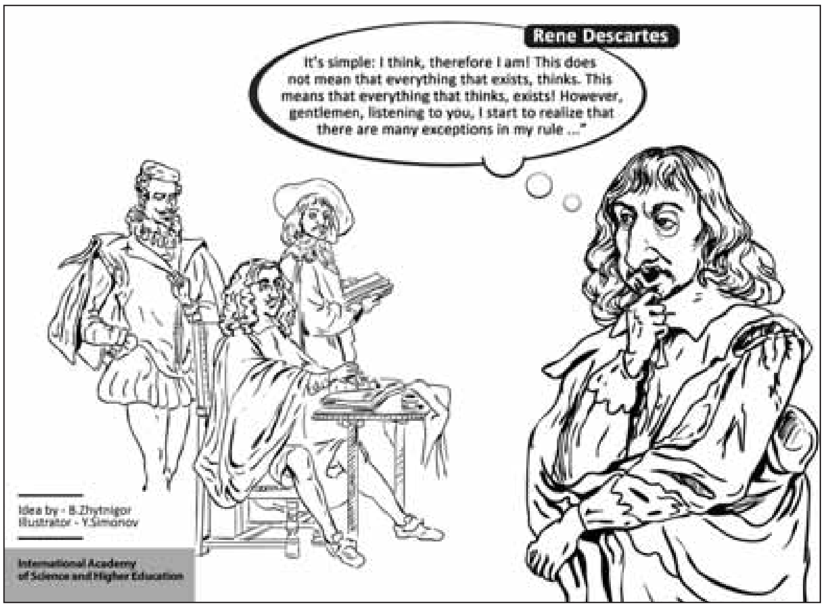
The angular width of phase matching calculated theoretically and experimentally measured testifies to uncritical nature of the examined crystals in relation to the accuracy of putting of an angle of phase matching. This fact was noted earlier in [2] for $CdGeAs_2$ crystal and is of importance at selection of a crystal – converter in the IR–region of spectrum.

## References:

1. P.G. Schunemann, and T.M. Pollak, J. Cryst. Growth 174 (1997)., pp. 272-277.
2. K.L. Vodopyanov, G.M. H. Knippels, A.F. G. van der Meer, J.P. Maffetone, and I. Zwieback, Opt. Commun. 202 (2002)., pp. 205-208.
3. S. Das, Quantum Electronics 42 (2012)., pp. 228-230.
4. Yu.M. Andreev, V.Yu. Baranov, V.G. Voevodin, P.P. Geiko, A.I. Gribenyukov, S.V. Izyumov, S.M. Kozochin, V.D. Pismennii, Yu.A. Satov, and A.P. Streltsov, Quantum Electronics 14 (1987)., pp. 2152-2154.
5. Yu.M. Andreev, V.V. Badikov, V.G. Voevodin, L.G. Geiko, P.P. Geiko, M.V. Ivashenko, A.I. Karapuzikov, and I.V. Sherstov, Quantum Electronics 31 (2001)., pp. 1075-1078.
6. P.G. Schunemann, S.D. Setzler, T.M. Pollak, A.J. Ptak, and T.H. Myers, J. Cryst. Growth 225 (2001)., pp. 440-444.
7. P.P. Geiko, Atmospheric and Oceanic Optics 16 (2003)., pp. 828-834.
8. Yu.M. Andreev, P.P. Geiko, V.V. Badikov, S. Das, and A.K. Chaudhury, Nonlinear Optics 29 (2002)., pp. 19-27.
9. N. Blombergen, Nonlinear Optics (W.A. Benjamin, New York, 1965).
10. Z.H. Tagiev, and A. S. Chirkin, Zh. Eksp. Teor. Fiz. 73 (1977)., pp. 1271-1282.
11. Z.H. Tagiev, R J. Kasumova, R.A. Salmanova, and N.V. Kerimova, J. Opt. B: Quantum Semiclas. Opt. 3 (2001)., pp. 84-87.

## Information about author:

1. Rena Kasumova - Doctor of Physical and Mathematical sciences, Full Professor, Baku State University; address: Azerbaijan, Baku city; e-mail: rkasumova@azdata.net



# SOLUTION OF THE ZERO PROBLEM AND ADJACENT PROBLEMS OF MATHEMATICS

A. Kudryavtsev, Associate Professor
Higher School of Social Technologies, Latvia

The author demonstrates the relationship between problems of math and the dogmatic faith in unattainable zero accuracy of calculations. The author shows the way to solve math problems by switching to actually required accuracy. The concepts of conditional zero, conditional-actual infinity and limitlessness, which eliminate math problems of main, were introduced.

**Keywords:** problems of mathematics, paradoxes, accuracy of calculations, conditional zero, conditional-actual infinity, limitlessness.

Conference participant, National championship in scientific analytics, Open European and Asian research analytics championship

# РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ НУЛЯ И СМЕЖНЫХ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИКИ

Кудрявцев А.В., доцент
Высшая школа социальных технологий, Латвия

Показана связь проблем математики с догматической верой в недостижимую нулевую точность вычислений. Указан путь разрешения основных проблем математики за счёт перехода к реально требуемой точности. Введены понятия условного нуля, условно-актуальной бесконечности и беспредельности, устраняющие основные проблемы математики.

**Ключевые слова:** Проблемы математики, парадоксы, точность вычислений, условный нуль, условно-актуальная бесконечность, беспредельность

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

**1. Постановка задачи**

К сожалению, ключевые понятия «непрерывной» математики, сформированные ещё в глубокой древности, не выдержали проверку временем и вошли в противоречие с современными знаниями. Прежде всего, это касается математических абстракций точки, непрерывности, линейности и бесконечности. Именно они служат источником всё новых и новых парадоксов [1], чем снижают доверие к научным наработкам в сфере так называемой непрерывной математики, ставят под сомнение их адекватность, а также препятствуют правильному пониманию и математическому представлению свойств многомерности реального мира..

Поскольку главным препятствием на пути к преодолению обнаруженных фундаментальных противоречий является *безразмерность* первокирпичика всех математических объектов – математической точки, – начнём разговор с обсуждения проблем другой противоречивой математической абстракции – *нуля* – «правопреемника» всех проблем безразмерной точки.

С одной стороны, нуль рассматривается в математике как число, поскольку он участвует в математических операциях наряду с остальными числами. С другой стороны, нуль обладает свойствами, которые несвойственны числам, в частности, в математике запрещается (без объяснения первопричин) использование нуля в роли делителя.

Для начала вычленим класс математических задач, связанных с появлением и применением нуля в качестве числа.

**2. Нуль как число**

Единственным источником, или причиной появления нуля в задачах этого класса является потребность вычитания числа из самого себя, либо её эквивалент, связанный с использованием так называемых отрицательных чисел, например:

$$x – x = 0;$$
$$x + (-x) = 0.$$

При этом важно иметь в виду, что объекты реального мира, сопоставленные с абстрактным понятием нуля, никуда не исчезают, они остаются во Вселенной!

Например, если у вас было 2 рубля, и вы заплатили 2 рубля, то эти деньги просто перешли к другому владельцу. Даже если вы сожгли какие-то бумажные деньги, то они как физический объект не исчезли, а изменили своё состояние, превратившись в пепел и энергию. И в первом, и во втором примере нуль как число будет означать отсутствие денег лично у вас, но вовсе не их исчезновение из Вселенной.

Можно указать две сферы применения нуля в качестве числа, или цифры. Во-первых, нуль применяется в различных математических операциях, как-то:

$$0 + 0 = 0;$$
$$0 - 0 = 0;$$
$$0 + x = x;$$
$$0 - x = -x;$$
$$0 - (-x) = x;$$
$$0 \cdot x = 0;$$
$$0 / x = 0;$$
$$0 \cdot 0 = 0;$$
$$0^x = 0;$$
$$x^0 = 1;$$
$$0! = 1;$$
$$\sqrt{0} = 0.$$

Во-вторых, нуль находит применение для указания пустого разряда в позиционных системах счисления, например:

$101_{10}$ – в десятичном числе «сто один» *0* обозначает отсутствие разряда десятков;

$1010_2$ – в двоичном числе «десять» левый *0* обозначает отсутствие разряда с весом *4*.

**3. Нуль как *ничто***

Определим теперь класс задач, где нуль выступает в совершенно другой роли:

• прежде всего, отнесём сюда задачи, в которых нуль обозначает предел убывающей числовой последовательности, например, задачу последовательного деления отрезка или числа;

• сюда же следует отнести и задачу деления произвольного числа на нуль;

• и, наконец, использование нуля для обозначения размера математической точки.

Фактически, все эти задачи сводятся к одной, причём термину «нуль» здесь соответствует уже ни цифра, ни число, а совершенно иное понятие, синонимом которого может служить термин «*ничто*», то есть полное отсутствие «нечто». В этих задачах «нечто» последовательно уменьшается вплоть до своего бесследного исчезновения из Вселенной и превращения в несуществующее «*ничто*», не имеющее даже геометрического образа.

Разумеется, такое использование нуля означает пренебрежение законами сохранения материи, энергии и информации. Впрочем, *беспредельное линейное* продолжение числовой последовательности ещё раньше вошло в противоречие с законом перехода количественных изменений в качественные.

Ранее автор пытался отразить двойственный характер нуля путём разграничения частных понятий: «ноль» и «нуль» [2]. Однако подход, основанный на сохранении в неизменном виде противоречивого исходного понятия «безразмерной точки», вряд ли можно признать оправданным. В связи с этим, ниже предлагается понятию «нуля» условно придать смысл заданной точности вычислений.

**4. Нуль как точность вычислений**

Предварительно примем некоторые *допущения*.

4.1. Пусть математика – наука о вычислениях.

4.2. Пусть цель вычислений – получение результата с требуемой точностью.

4.3. Пусть все числовые данные представлены в показательной форме с нормализованной мантиссой $m$:

$$x = m \cdot 10^n,$$

где

$$1 \leq m < 10.$$

4.4. Пусть вычисление числа с точностью ε означает необходимость сохранения верной значащей цифры, стоящей в $n$-м разряде дробной части числа:

$$\varepsilon = 10^{-n}.$$

4.5. Пусть «*условный нуль*» $0_\varepsilon$ численно равен требуемой точности или меньше:

$$0_\varepsilon \leq 10^{-n}.$$

4.6. Пусть графический образ «условного нуля» – элементарный (наимельчайший) шар.

4.7. Пусть графический образ точности» – предельный размер элементарного шара. Из последнего выражения следует также, что шары могут иметь размер и меньше предельного.

В классической математике расчёты ведутся с использованием бесконечных дробей, иррациональных чисел, бесконечных пределов, то есть с сохранением якобы бесконечно большого количества разрядов вещественных чисел, что теоретически, казалось бы, обеспечивает нулевую точность:

$$\varepsilon = 10^{-\infty} = 0.$$

Однако столь высокая декларируемая точность недостижима в принципе, во-первых, потому, что требует бесконечно больших временных затрат, а, во-вторых, в связи с тем, что не учитывает переходы количественных изменений в качественные.

В свете вышесказанного, следует рассматривать введённую в рассмотрение ограниченную точность $0_\varepsilon$ не как издержки предлагаемого подхода, а как реально достижимую точность вычислений!

Как известно, физическое тело не изменяет своих размеров в результате приобретения (потери) одного атома. Точно также любое число не изменяет своей величины от добавления (удаления) нуля. Распространим это правило на «условный нуль» [3]:

$$x = x \pm 0_\varepsilon.$$

Таким образом, вычисления можно осуществлять с «условно-нулевой» точностью, или геометрически – с точностью до одной точки текущего пространства.

Возможность осуществления вычислений с «условно-нулевой», то есть с любой наперёд заданной точностью позволяет не только преодолеть противоречивый характер классического «нуля-ничто», но и решить также ряд других неразрешимых прежде проблем математики, в частности, – проблему деления на нуль.

**5. Устранение проблемы деления на нуль**

В самом деле, если условно принять за нуль требуемую точность вычислений $0_\varepsilon$, то результатом деления числа $x$ на такой «условный нуль» будет конкретное число (например, $x \cdot 10^9$), а не мифическая бесконечность, как было раньше при использовании «нуля-ничто».

Таким образом, арифметические операции, включая деление, не только «уравниваются в правах», но и устраняются все связанные с прежним нулём парадоксы [1], к примеру, парадоксы так называемой актуальной бесконечности.

**6. Решение проблемы актуальной «бесконечности»**

Как было показано в [3], неограниченное повышение точности вычислений лишено смысла, поскольку обычно при количественных изменениях на *восемь порядков* в исследуемом объекте происходят *качественные* изменения, что влечёт за собой переход на кардинально новый цикл вычислений с обязательной сменой математической модели, расчётных формул, системы отсчёта и масштаба.

Сказанное можно наглядно проиллюстрировать путём сопоставления линейных размеров материальных объектов, чередующихся в примере, что дан ниже, с шагом в восемь порядков: электрон → атом → физическое тело → космическое тело → звёздная система → галактическая система.

Следует отметить, что количественные изменения на восемь порядков соответствуют 30-му шагу процедуры удвоения размеров или обратной процедуры деления объекта пополам. Например, удваивая размеры атома, мы уже через 30 шагов придём к размерам бильярдного шара, а 30-ти кратное деление десятисантиметрового *отрезка* пополам приведёт нас к качественно иному объекту – математической *точке*.

Будем называть *условно-актуальной*, то есть реальной бесконечностью величину æ, обратную условному нулю, или точности вычислений

$$æ = 1/0_\varepsilon,$$

значение которой для многих задач будет находиться в границах следующего диапазона:

$$æ = 10^8 \div 10^9.$$

При этом классический символ бесконечности ∞ предлагается сохранить за потенциальной бесконечностью, переименовав её для исключения неоднозначной терминологии в *беспредельность*. Такой приём позволит нам называть условно-актуальную бесконечность кратко – *бесконечностью*.

Выразив показатели условного нуля и условной бесконечности в общем виде

$$0 = 10^{-p};$$

$$æ = 10^p,$$

где p – десятичный порядок, можно легко раскрыть классические *неопределённости*:

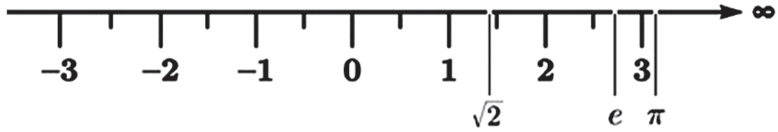



**Рис. 1. Классическая числовая ось.**

$\mathbf{0} \cdot \text{æ} = 10^{-p} \cdot 10^{p} = 1;$

$\text{æ} / \mathbf{0} = 10^{p} / 10^{-p} = 10^{2p} = \text{æ}^{2};$

$\text{æ} / \text{æ} = 10^{p} / 10^{p} = 1;$

$\mathbf{0} / \mathbf{0} = 10^{-p} / 10^{-p} = 1;$

$\mathbf{1} / \mathbf{0} = 1 / 10^{-p} = 10^{p} = \text{æ};$

$\mathbf{1} / \text{æ} = 1 / 10^{p} = 10^{-p} = 0;$

Новые показатели позволяют также по-новому взглянуть на математическую абстракцию числовой оси.

**7. Решение проблем числовой оси**

Классическая числовая ось (рис. 1) неадекватна реальности по трём основным причинам:

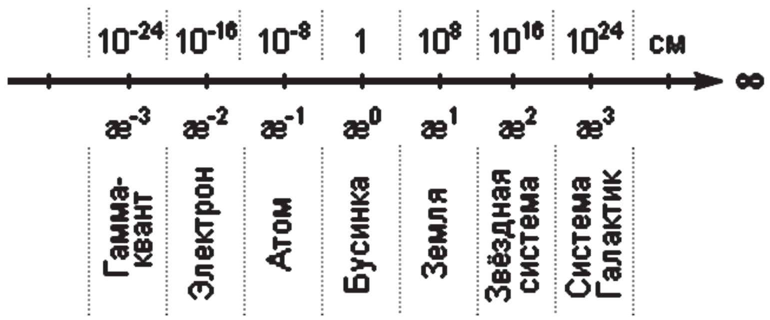



**Рис. 2. Связь между бесконечностью и беспредельностью.**

- из-за наличия бесконечного количества якобы бесконечно делимых числовых интервалов;
- из-за невозможности зафиксировать положение бесконечных дробей;
- из-за отсутствия связи между количеством и качеством числовых интервалов и чисел.

Представление о соотношении понятий бесконечности æ и беспредельности ∞ можно получить из рис. 2.

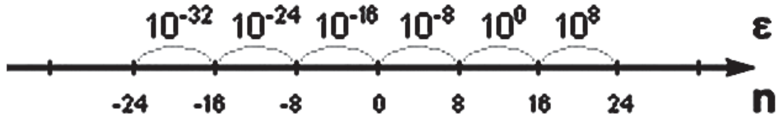



**Рис. 3. Связь условной бесконечности с точностью.**

Поскольку условно-бесконечные числовые интервалы на рис. 2 связаны с *качественно* разными объектами, то изменение точности вычислений для этих интервалов также будет сопровождаться качественными скачками, например, таким образом, как показано на рис. 3.

**8. Решение проблемы бесконечных дробей и бесконечно малых**

Самой большой проблемой бесконечных дробей является то, что их вычисление требует бесконечно больших временных затрат, то есть не может быть завершено никогда. Примером может служить число π, которое удалось вычислить пока (по состоянию на 2011 год) только до 10 триллионов знаков.

Из-за того, что бесконечные дроби в ходе вычислений постоянно изменяют своё значение, их точное положение на числовой оси не может быть определено, поскольку точность их представления бесконечно улучшается во времени. Следовательно, у таких чисел нет постоянного места на числовой оси.

В третьих, никакие количественные изменения чисел не могут происходить бесконечно, ибо это противоречит закону диалектики о переходе количественных изменений в качественные.

Все перечисленные проблемы бесконечных дробей легко устраняются простым переходом от якобы точного их представления к условно-точному, например, бесконечные дроби

$1/3 = 0{,}33333333333333333333333333333...,$

$1/7 = 0{,}14285714285714285714285714285 7142857...,$

$\pi = 3{,}14159265358979323846264 3383279...$

приводятся к конечному виду простым округлением с заданной точностью (в приведенном примере – 9 знаков):

$1/3 = 0{,}333333333,$

$1/7 = 0{,}142857143,$

$\pi = 3{,}141592654.$

Аналогичный приём может быть применён и к решению проблемы пределов, или бесконечно малых числовых величин. Для этого любая бесконечно убывающая числовая последовательность должна прерываться при достижении заданной точности вычислений.

**9. Решение проблемы несоизмеримости отрезков**

Проблема несоизмеримости отрезков была порождена противоречивой абстракцией безразмерной математической точки и вытекающими из неё столь же противоречивыми абстракциями нуля-ничто, непрерывности и актуальной бесконечности. Таким образом, замена принципиально недостижимой нулевой точности на реально достижимую условно-нулевую точность $0_{\varepsilon}$ элементарно «маскирует» любую несоизмеримость за счёт допустимой точности.

Если обе части тождества $x = x \pm 0_{\varepsilon}$ умножить на ½, то станет понятной также надуманность несуществующей проблемы несоизмеримости половин дискретного отрезка, содержащего нечётное количество точек.

Поскольку появление иррациональных чисел явилось откликом на «открытие» несоизмеримости отрезков, то с решением надуманной проблемы несоизмеримости становятся ненужными введённые для работы «в условиях несоизмеримости» иррациональные числа.

**10. Выводы**

1. В работе показано, что современные мировоззренческие проблемы математики кроются в многотысячелетних попытках удержать в неприкосновенности древние заблуждения, в частности, противоречивую абстракцию безразмерной точки.

2. Указан путь разрешения всех базовых противоречий математики, вытекающих из ничем не обоснованной **веры** в недостижимую точность вычислений, за счёт отказа от устаревших абстракций и перехода к реально требуемой точности.

3. Введены новые понятия условного нуля, условной бесконечности и беспредельности, позволяющие легко устранить все противоречия и парадоксы классической непрерывной математики, а также дающие ключ к решению проблемы учёта количественно-качественных числовых изменений.

4. Предложенный подход к разрешению проблем непрерывной математики позволяет обойтись без внесения изменений в основы математики и сохранить в неизменном виде все уже имеющиеся фундаментальные наработки.

5. Для устранения тысячелетних математических проблем достаточно придать новый смысл таким привычным для всех нас понятиям, как точка, нуль, бесконечность, вещественные числа, числовая ось.

## References:

1. Kudryavtsev A.V. Fundamental'nye paradoksy matematiki [Fundamental paradoxes of mathematics]. Yesterday-today-tomorrow: historical and philosophical comprehension as the basis of the scientific world view: Materials digest of the LXVII International Research and Practice Conference and III stage of the Championship in Historical and Philosophical sciences. – London, October 10-15, 2013. International Academy of Science and Higher Education. – London., IASHE, 2013., pp. 81-83.

2. Kudryavtsev A.V. Adaptatsiya osnov matematiki k zadacham novoi epokhi [Adaptation of foundations of math to tasks of the new epoch], Theory and Practice in the Physical, Mathematical and Technical Sciences: Materials digest of the XXIV International Scientific and Practical Conference and the I stage of Research Analytics Championship in the physical, mathematical and technical sciences. – London, May 3–May 13, 2012., pp. 18-21.

3. Kudryavtsev A.V. Osnovy matematiki – dogma ili paradigma? [Foundations of math - dogma or paradigm? ]., Models and methods of solving formal and applied scientific issues in physico-mathematical, technical and chemical research: Materials digest of the XXXII International Research and Practice Conference and the II stage of Research Analytics Championship in physico-mathematical and technical sciences. – London, September 20-25, 2012. International Academy of Science and Higher Education. – London., IASHE, 2012., pp. 90-93.

## Литература:

1. Кудрявцев А. В. Фундаментальные парадоксы математики. // Yesterday-today-tomorrow: historical and philosophical comprehension as the basis of the scientific world view: Materials digest of the LXVII International Research and Practice Conference and III stage of the Championship in Historical and Philosophical sciences. – London, October 10-15, 2013. International Academy of Science and Higher Education. – London: IASHE, 2013. – pp. 81-83.

2. Кудрявцев А.В. Адаптация основ математики к задачам новой эпохи // Theory and Practice in the Physical, Mathematical and Technical Sciences: Materials digest of the XXIV International Scientific and Practical Conference and the I stage of Research Analytics Championship in the physical, mathematical and technical sciences. – London, May 3–May 13, 2012. – pp. 18-21.

3. Кудрявцев А.В. Основы математики – догма или парадигма? // Models and methods of solving formal and applied scientific issues in physico-mathematical, technical and chemical research: Materials digest of the XXXII International Research and Practice Conference and the II stage of Research Analytics Championship in physico-mathematical and technical sciences. – London, September 20 - 25, 2012. International Academy of Science and Higher Education. – London: IASHE, 2012. – pp. 90-93.

## Information about author:

1. Alexander Kudryavtsev - Associate Professor, Higher School of Social Technologies; address: Latvia, Riga city; e-mail: avk@sta-edu.lv

# ADAPTATION OF FOUNDATIONS OF MATH TO TASKS OF THE NEW EPOCH

A. Kudryavtsev, Associate Professor
Higher School of Social Technologies, Latvia

The task of studying the interaction of visible physical world with unmanifested subtle worlds is formulated. The classification of mathematical abstractions by itheir utility degree is introduced. Comprehensive definitions of mathematical abstractions are given in order to represent embedded spaces of higher dimensions.

**Keywords:** unmanifested worlds, subtle worlds, embedded worlds, classification of mathematical abstractions, space-matter, space environment, ultraspace, multidimensional space.

Conference participant, National championship in scientific analytics

# АДАПТАЦИЯ ОСНОВ МАТЕМАТИКИ К ЗАДАЧАМ НОВОЙ ЭПОХИ

Кудрявцев А.В., доцент
Высшая школа социальных технологий, Латвия

Формулируется задача изучения взаимодействия видимого физического мира с непроявленными тонкими мирами. Вводится классификация математических абстракций по степени их полезности. Даются развёрнутые определения математических абстракций для представления вложенных пространств высшей размерности.

**Ключевые слова:** непроявленные миры, тонкие миры, вложенные миры, классификация математических абстракций, пространство-материя, пространственная среда, сверхпространство, многомерные пространства.

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике

**Введение.** Переживаемый человечеством глобальный кризис является лишь следствием смены эпох. Новая эпоха всегда требует нового мировоззрения, а «главная цель Новой эпохи... приблизить и объединить мир видимый с невидимым» [1]. Разумеется, наука не может устраниться от решения этой эпохальной задачи.

Как известно [1, с. 45], человек живёт одновременно, по крайней мере, в трёх мирах:

- в плотном, или физическом мире поступков;
- в тонком, или астральном мире чувств;
- в наитончайшем, или ментальном (огненном) мире мыслей.

Эти три автономных мира со своими специфическими законами и материей вложены друг в друга. Вложенность высших миров в низшие достигается благодаря тому, что плотность их материи различается между собой не менее, чем в 100 миллионов раз. В силу тонкости материи высшие миры не проявлены, и человек, лишённый возможности наблюдать их непосредственно, часто впадает в иллюзию, отождествляя свои рассуждения и предположения, то есть свои мысли, о мире в целом с наблюдаемой физической реальностью.

В наибольшей степени этому подвержены люди с развитым абстрактным мышлением. Есть основания полагать, что отождествлению воображаемого мира с реальным в немалой степени способствует также математика, изучаемая на протяжении всех лет учёбы. Тестирование студентов-гуманитариев младших курсов показало [2], что каждый второй из них искренне **верит в реальность** математических точек, в прямолинейность прямых, в непрерывность, бесконечность, случайность. При этом выяснилось, что наиболее часто студенты верят в реальность сразу трёх математических абстракций.

Из сказанного вовсе не следует, что все математические абстракции являются искажённым представлением человека о мире физической реальности. Наоборот, бо́льшая часть абстракций исключительно удачна и продуктивна, но... есть всякие абстракции.

## Классификация математических абстракций по степени их полезности

Предлагается подразделить все математические абстракции на четыре группы: безусловно полезные, условно полезные, бесполезные и неполезные.

БЕЗУСЛОВНО ПОЛЕЗНЫЕ абстракции – это числа, линии, отрезки прямых, плоскости, фигуры, тела, ... Все основные достижения науки связаны, прежде всего, с абстракциями именно этой группы. С каждой из них всегда можно сопоставить тот или иной объект реального мира. Данные идеализации позволяют отвлечься (абстрагироваться) от ненужных подробностей изучаемых реальных объектов и сосредоточиться на самом главном, например, на количественных или пространственных соотношениях объектов.

УСЛОВНО ПОЛЕЗНЫЕ абстракции – это прямые, точки, непрерывность, случайность, потенциальная бесконечность, понимаемая в математике как возможность безграничного (!) наращивания (уменьшения) количества, размеров или какой-то иной величины. Данные абстракции будут полезны при условии, что, применяя их, люди отдают себе отчёт, на какие ограничения и ради чего они идут, вводя данные абстракции в рассмотрение. Осознание этих абстракций требует некоторых усилий (сделки с разумом), потому что в реальном мире нет ничего такого, что можно было бы соотнести с абстракциями данной группы. Условно полезные абстракции оказываются чрезвычайно продуктивными при изучении проявленного 3-х мерного мира. Однако они не позволяют описать и понять взаимодействие физического мира с тонкими мирами (мирами высшей размерности). Более того, абстракция непрерывности, например, перестаёт адекватно представлять свойства пространства даже с относительно плотной материей – микромира [3]. Не удивительно, что существование более тонких миров, не регистрируемых грубыми современными приборами, материалистическая наука просто отрицает. «Когда сознание ограничивается одним видимым физическим миром, то развивается материалистическое мировоззрение со всеми его отрицательными последствиями» [1, с. 54].

БЕСПОЛЕЗНЫЕ абстракции можно было бы и вовсе не упоминать, как не заслуживающие внимания; тем не менее, они используются в теоретических и прикладных исследованиях. Примерами таких абстракций могут

служить, математические модели, нашедшие применение в работах, номинированных на «Шнобелевскую» премию [4]. Так, лауреат «Шнобеля» за 1993 год Роберт Фейд (США) вычислил, что с вероятностью 1 / 710 609 175 188 282 000 М. Горбачёв является антихристом.

НЕПОЛЕЗНЫЕ абстракции могут оказаться таковыми по разным причинам, часто по нескольким причинам одновременно. В качестве классического примера подобной абстракции следует упомянуть так называемую актуальную бесконечность. Она является безусловным лидером в своей группе, как по «стажу» (2500 лет), так и по «заслугам», поэтому остановимся на её «вкладе» в науку подробнее.

## Особенности абстракции актуальной бесконечности

Прежде всего, надо отметить сложный характер данной абстракции. Фактически, здесь мы имеем дело с абстракцией «5-го порядка» сложности. Покажем это на примере якобы «актуально бесконечного натурального ряда чисел»:

- абстракция 1-го порядка – число;
- абстракция 2-го порядка – натуральный ряд чисел;
- абстракция 3-го порядка – потенциально бесконечный ряд;
- абстракция 4-го порядка – завершение бесконечного ряда;
- абстракция 5-го порядка – актуализация потенциальной бесконечности.

Кроме того, актуальная бесконечность требует 5-ти кратного насилия над разумом:

- насилие 1-го уровня – согласие с существованием бесконечности;
- насилие 2-го уровня – представление бесконечного процесса завершённым;
- насилие 3-го уровня – принятие в сознание феномена исчезновения времени.
- насилие 4-го уровня – «закрывание глаз» на неочевидность цели использования актуальной бесконечности, в виду отсутствия в природе реальных задач, требующих введения данной абстракции.
- насилие 5-го уровня – наделение реальных объектов свойствами актуальной бесконечности вопреки абсурдным результатам (конец у бесконечности, часть равна целому) и фатальным последствиям для всего Мироздания [5], поскольку данная абстракция противоречит понятию «движения» и, как следствие, опровергает все законы физики, описывающие различные формы движения материи, или энергии.

Как итог, использование абстракции актуальной бесконечности в научной и учебной литературе способствует формированию у читателей, склонных к отождествлению абстракций с действительностью, искажённого неадекватного представления о реальном мире.

## Постановка задачи

Упомянутая в начале статьи проблема изучения взаимодействия проявленного и непроявленных миров требует предварительного решения нескольких вспомогательных задач:

1) рассмотрения понятия «пространство» в неразрывной связи с наполняющей его «материей», то есть перехода к новой связке «пространство-материя»;

2) разработки новых математических абстракций, прежде всего, таких как: «среда», «надпространство», или «сверхпространство»;

3) адаптации условно полезных математических абстракций (точка, линия, поверхность, непрерывность, бесконечность, нуль) для описания и исследования свойств вложенных пространств высшей размерности.

Следует особо отметить, что для продолжения изучения видимого 3-х мерного мира вносить какие-либо изменения в математику не требуется!

Перечисленные во втором пункте новые абстракции можно классифицировать как СВЕРХ ПОЛЕЗНЫЕ. Однако самое удивительно в математике состоит в том, что откровенно неполезная абстракция актуальной бесконечности исследована вдоль и поперёк в десятках (если не в сотнях) трудов, в то время, как сверх важные для формирования правильного миропонимания абстракции тонких миров не только остаются не изученными, но и бездоказательно относятся материалистической наукой к категории «чудесных» явлений [6].

## Основные понятия и определения

*Пространство* – то, что вмещает точки и среду [7].

*Точка пространства* – наимельчайший (неделимый) формообразующий элемент пространства.

*Форма* – произвольная устойчивая комбинация точек пространства.

*Пространственная среда* – сверхточки, то есть точки, принадлежащие пространству более высокого уровня (сверхпространству). Среда наполняет точки и межточечные промежутки текущего пространства. Понятие среды применяется рекурсивно конечное число раз.

*Абсолютная (всеначальная) среда* – Сверхпространство наивысшего уровня, наполняющее все остальные пространства (Абсолют).

## Основные свойства пространства

1. Все пространства и точки *материальны*. Точке пространства соответствует *атом* материи, наполняющей данное пространство.

1.1. *Материя* – материализованная, то есть проявленная среда (энергия, поле) текущего пространства.

1.2. *Энергия* (среда, поле) – непроявленная материя пространства высшей размерности.

2. Пространство и точки пространства 1-го уровня *трёхмерны*.

2.1. Пространства с размерностью меньше 3-х не существуют.

2.2. *Поверхность* – слой пространства, толщиной в одну точку.

2.3. *Линия* – последовательность точек пространства.

3. Пространства высших уровней *многомерны*.

3.1. Каждое дополнительное измерение направлено *внутрь* пространства предыдущего уровня.

3.2. Пространства высших уровней обладают свойством проникать внутрь пространств низших уровней.

4. Уровень (план) пространства

– определяется *размером точек* пространства.

4.1. Чем меньше размеры точек пространства, тем тоньше материя.

4.2. Чем тоньше материя, тем выше уровень пространства.

5. Плотность пространства – определяется количеством точек в единице объёма.

### Основные пространственные операции

*Уплотнение* – повышение концентрации точек пространства.

*Разуплотнение* – уменьшение концентрации точек пространства.

*Формирование* – структурирование точек в форму.

*Расформирование* – деструктурирование формы на исходные точки.

*Укрупнение* – повышение концентрации форм.

*Разукрупнение* – уменьшение концентрации форм.

*Материализация* – преобразование среды в точку (материи высшего плана – в материю текущего плана).

*Дематериализация* – обратное преобразование точки в среду (материи текущего плана – в материю высшего плана).

### Классификация пространств по уровню материи

- Пространство 1-го уровня – видимый мир (физическое пространство);
- Пространство 2-го уровня – эфир (энергетическое пространство);
- Пространство 3-го уровня – прана (пространство чувств, эмоций);
- Пространство 4-го уровня – манас (пространство мыслей);
- Пространство 5-го уровня – буддхи (пространство интуиции);
- Пространство 6-го уровня – нирвана (пространство духа);
- Пространство 7-го уровня – Монада;
- Пространство 8-го уровня – Абсолют.

### Классификация пространств по числу измерений

- Видимый мир – трёхмерен;
- Эфир – четырёхмерен;
- Прана – пять измерений;
- Манас – шесть измерений;
- Буддхи – семь измерений;
- Нирвана – восемь измерений;
- Монада – девять измерений;
- Абсолют – десять[1] измерений.

### Классификация точек пространств по числу измерений

- точка 3-х мерного пространства – атом плотного (физического) мира;
- точка 4-х мерного пространства (эфира[2]) – электрон физического мира;
- точка 5-ти мерного пространства – атом тонкого (астрального) мира;
- точка 6-ти мерного пространства – атом огненного мира;
- точка 7-ти мерного пространства – атом Буддхического мира;
- точка 8-ти мерного пространства – атом Атмического мира;
- точка 9-ти мерного пространства – атом Монадического мира;
- точка 10-ти мерного пространства – атом Божественного мира.

Примеры[3] различной плотности пространства

- Вещество нейтронных звёзд;
- Металлы;
- Минералы;
- Жидкости;
- Газы;
- Космический «вакуум».

### Примеры концентрации форм

- Частицы → атомы → молекулы;
- Молекулы → кристаллы → тела;
- Тела → планеты → планетные системы;
- Звёзды → галактики → группы галактик.

### Примечания:

1. Если добавить время, получим то же самое якобы 11-ти мерное пространство, которым оперирует Теория суперструн.

2. Обычно эфир относят к физическому миру, так как он не имеет собственного атома. Однако эфир принадлежит к невидимому 4-х мерному пространству, поскольку его материя (электроны) несоизмеримо (в сто миллионов раз) тоньше плотной атомарной материи физического мира.

3. Все группы примеров применимы к различным пространствам. Однако мы не вправе делать какие-либо заключения относительно пространств двух наивысших уровней (Монады и Абсолюта), которые являются недостижимым пределом нашего познания. По крайней мере, на данной стадии развития разума.

### Выводы

1. Пространство не отделимо от наполняющей его материи и среды.

2. Точка пространства материальна, неделима, имеет конечные размеры и однозначно сопоставлена с атомом соответствующего пространства.

3. Количество вложенных пространств, описывающих Вселенную, конечно. Каждое пространство замкнуто, а количество точек пространства ограничено. Таким образом, структура пространства дискретна, а применение понятия «континуум» является идеализацией, допустимой лишь по отношению к 3-х мерному пространству.

4. Термину «бесконечность» следует поставить в соответствие термин «несоизмеримо много», а символу ∞ – другой символ, например, æ. В отвлечённых задачах æ может означать, например, «больше в 100 миллионов раз». Обычно после количественных изменений именно такого масштаба происходят качественные перемены.

5. Понятие «нуля» следует соотнести с понятием «точки пространства». Для обозначения математической точки целесообразно ввести специальный символ, например, символ ⊙ (ноль с точкой). Именно этот символ следует применять при делении на нуль. Следует различать понятия «н**у**ль» и «н**о**ль». Вносить какие-либо изменения в математические операции с «нолём» не требуется.

### References:

1. Klizovskii A.I. Osnovy miroponimaniya Novoi Epokhi [Foundations of world outlook of the

New Era]. 3 volumes. – Vol. 1. – Riga., Vieda, 1990. – 310 p.

2. Aleksandr Kotlin. Kto vy – matematik, filosof, poet? [Are you a mathematician, a philosopher, a poet?] Outcome of the text. – 28.11.2010. [electronic resource]. http://www.stihi.ru/2010/11/28/2906

3. Aleksandr Kotlin. Dve teoremy ob odnom Kontse sveta [Two theorems about one End of the World]. – 2.11.2011. [electronic resource]. http://www.proza.ru/2011/11/02/689

4. Shnobelevskaya premiya: Material iz Vikipedii – svobodnoi entsiklopedii [The Ig Nobel Prize: data from Wikipedia - free encyclopedia]. – [electronic resource]. http://ru.wikipedia.org/wiki/Shnobelevskaya premiya

5. Aleksandr Kudryavtsev. Tri argumenta protiv aktual'noi beskonechnosti [Three arguments against actual infinity]. – Article was presented at the XXIII International scientific-practical conference “Modern trends in the development of scientific thought.”, April 18-23, 2012., [electronic resource]. – http://gisap.eu/ru/node/6786

6. Gorodilova M.A. O prirode matematicheskoi abstraktsii: Metodicheskoe posobie [On the nature of mathematical abstraction: methodological tutorial]. – Khabarovsk: Publishing house DVGUPS, 2003. – p.40.

7. Aleksandr Kotlin. Prostranstvo-materiya. Kontseptsiya [Space-matter. Concept]., 25.03.2011., [electronic resource]. – http://www.akotlin.com/index.php?sec=1&lnk=3_06

### Литература:

1. Клизовский А. Основы миропонимания Новой Эпохи. В 3-х томах. – Том 1. – Рига: Виеда, 1990. – 310 с.

2. Александр Котлин. Кто вы – математик, философ, поэт? Итоги теста. – 28.11.2010. – [Электронный ресурс]. – http://www.stihi.ru/2010/11/28/2906

3. Александр Котлин. Две теоремы об одном Конце света. – 2.11.2011. – [Электронный ресурс]. – http://www.proza.ru/2011/11/02/689

4. Шнобелевская премия: Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – [Электронный ресурс]. – http://ru.wikipedia.org/wiki/Шнобелевская премия

5. Александр Кудрявцев. Три аргумента против актуальной бесконечности. – Доклад на XXIII Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития научной мысли». – 18-23 апреля 2012. – [Электронный ресурс]. – http://gisap.eu/ru/node/6786

6. Городилова М.А. О природе математической абстракции: Методическое пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 40 с.

7. Александр Котлин. Пространство-материя. Концепция. – 25.03.2011. – [Электронный ресурс]. – http://www.akotlin.com/index.php?sec=1&lnk=3_06

### Information about author:

1. Alexander Kudryavtsev - Associate Professor, Higher School of Social Technologies; address: Latvia, Riga city; e-mail: avk@sta-edu.lv

# ANALYSIS OF THE STATE OF GEO-ECOLOGICAL SYSTEMS IN THE VIEW OF SYNERGETIC THEORY OF INFORMATION

G. Simonian, Candidate of chemistry, Associate Professor
Yerevan State University, Armenia

With the synergetic theory of information the author has estimated the chaos and order of hydro and naphthene geo-ecological systems. It was shown that during formation of oil from the mantle fluid entropy increases and syntropy decreases. For oil the function is R → 1. This indicates that the oil is self-generated inside the trap towards the direction of sustainable equilibrium.

**Keywords:** geo-ecology, reservoir, oil, gas, naphthenes, chaos, order, synergistic information theory, entropy, syntropy, geo-ecological syntropy.

Conference participant, National championship in scientific analytics, Open European and Asian research analytics championship

# АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СВЕТЕ СИНЕРГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Симонян Г.С., канд. хим. наук, доцент
Ереванский государственный университет, Армения

С помощью синергетической теории информации оценен хаос и порядок гидро и нафтидных геоэкологических систем. Показано, что при образовании нефти из мантийного флюида энтропия растет, а синтропия уменьшается. Для нефти функция R →1, что свидетельствует о том, что нефть самообразуется в ловушке в сторону достижения устойчивого равновесия.

**Ключевые слова:** геоэкология, водохранилище, нефть, газ, нафтиды, хаос, порядок, синергическая теория информации, энтропия, синтропия, геоэкологическая синтропия.

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике

Понятие энтропии (***S***) имеет множество трактовок в самых разнообразных областях человеческих знаний. Впервые понятие энтропии было введено Р.Ю. Клаузиусом как мера необратимого рассеяния энергии. Качественно, чем выше энтропия, тем в большем числе существенно различных микросостояний может находиться объект при данном макро состоянии. Наряду с энтропией Клаузиуса появилась статическая, информационная, математическая, лингвистическая, интеллектуальная и другие энтропии. Энтропия стала базисным понятием теории информации и стала выступать как мера неопределенности некоторой ситуации. В каком-то смысле она – мера рассеяния, и в этом смысле она подобна дисперсии. Открытые системы могут обмениваться с окружающими телами, энергией, веществом и, что не менее важно, информацией. Макроскопические открытые системы состоят из многих объектов, принимаемых за элементы структуры. Эти элементы могут быть микроскопическими, например, атомы или молекулы в физических и химических системах. Они, однако, могут быть малыми, но все же макроскопическими. Это, например, макромолекулы в полимерах, клетки в биологических структурах. В открытых системах, к которым относятся и экологические, могут идти процессы как с возрастанием, так и уменьшением энтропии. При этом в экосистеме вещество распределяется таким образом, что в одних местах энтропия возрастает, а в других резко снижается. В целом же, система не теряет своей организованности или высокой упорядоченности. Система – совокупность элементов со связями между ними, подчиняющимся соответствующим законам композиции. Система взаимодействует с внешним миром как единое целое. Каждый элемент системы внутри себя считается неделимым. Элементный состав может содержать однотипные (гомогенные системы) и разнотипные (гетерогенные системы) элементы. Элементы могут быть вещественные, энергетические и информационные [1]. Информационное описаниесистемы дает представление об организации системы. При этом сам термин “информация” имеет несколько значений. В биологии – совокупность биохимически закодированных сигналов, передающихся от одного живого объекта к другому (от родителей к потомкам) или от одних клеток другим в процессе развития особи. В математике, кибернетике – количественная мера устранения энтропии (неопределенности) или мера организации системы. Если трактовать информацию как меру упорядоченности системы, то ее количество будет соответствовать синтропии, выражающей потенциальную меру предсказуемости будущего системы (или оценку возможности экстраполяции ее состояния). Чтобы экосистема действовала и взаимодействовала со средой, она должна потреблять информацию из среды и сообщать информацию среде. Этот процесс называется информационным метаболизмом, который совместно с вещественным и материальным метаболизмом образует полный метаболизм. Системы бывают изолированные (закрытые), которые могут только деградировать, и открытые, способные к прогрессивному развитию, условно. Все реальные системы сначала зарождаются и прогрессируют, а затем деградируют. Система открыта для энергии, массы, информации до заполнения соответствующих емкостей, после чего закрывается (как сосуд в водоеме). Переток субстанций из внешней среды и прогресс открытой системы так же естественны, как износ и рассеяние закрытой. В этом смысле все природные системы самоорганизующиеся. Самоорганизация – процесс спонтанного увеличения порядка или организации в системе, состоящий из многих элементов, происходящий под действием внешней среды[1].

Способность системы снижать неупорядоченность внутри себя иногда интерпретируют как способность накапливать отрицательную энтропию – синтропия (I). Впервые понятие «отрицательной энтропии» предложил австрийский физик Эрвин Шредингер[2]. Он объясняет, как живая система экспортирует энтропию, чтобы поддержать свою собственную энтропию на низком уровне. Позже

американский физик Леон Бриллюэн в своей работе «Научная неопределенность и информация»[3] сократил это выражение до слова негэнтропия и ввел его в таком виде в теорию информации. Учитывая вышесказанное, можно записать своеобразный ***закон сохранения энтропии — информации.*** Он, как и другие законы сохранения, абсолютно точно выполняется только в идеализированных (закрытых) системах: $\boldsymbol{S + I = const.}$

В литературе о самоорганизующихся системах для описания этого процесса также используются термины экстропия и эктропия. Альберт Сент-Дьёрди предложил заменить термин *негэнтропия* на синтропию [4], термин, впервые предложенный итальянским математиком Луиджи Фантаппие [5], который пытался в своей теории объединить биологический и физический мир. Надо отметить, что термин синтропия в медицинеиспользуется давно, при анализе сочетания двух болезней. В 1921 году немецкие медики М. Пфаундлер и Л. Зехт впервые использовали термин синтропия [6]. Синтропия - это наличие двух или более связанных между собой и закономерно развивающихся заболеваний.

Илья Пригожин ввел термин «диссипативные структуры»[7]. Это чрезвычайно емкое и точное название объединяет все виды структур. Чтобы подчеркнуть роль коллектива, роль кооперации при образовании диссипативных структур, Герман Хакен ввел термин синергетика, что означает совместное действие [8]. Синергетика родилась на базе термодинамики и статистической физики.

Неоценимую помощь в понимании структурной организации и закономерностей развития природных систем может оказать синергетическая теория информации, в рамках которой установлен информационный закон отражения системных объектов. Для оценки структурной организации системы Вяткиным введено понятие R-функции, которая характеризует структурную организацию дискретных систем со стороны соотношения порядка и хаоса, мерами которых являются аддитивная синнтропия ***-I∑*** и энтропия отражения S, соответственно ***R= I∑/ S[9-11]***.Значения R-функции говорят о том, что и в какой мере преобладает в структуре системы: хаос или порядок. Так, если R > 1, то в структуре системы преобладает порядок, в противном случае, когда R < 1 – хаос. При R = 1 хаос и порядок уравновешивают друг друга, и структурная организация системы является равновесной. В простом понимании, энтропия — хаос, саморазрушение и саморазложение. Соответственно, *синтропия* — движение к упорядочиванию, к организации системы.

С помощью синергетической теории информации проведена оценка хаоса и порядка в структуре таких систем, как рудные объекты [9,10],электронные системы атомов, паутины пауков, поэтические произведения [11,12], гидроэкологических систем [13], белковые молекулы [11, 12, 14] и РНК [14].

Целью данной работы является с помощью синергетической теории информации оценить состояния геоэкологических систем, в том числе нефти и газа. Для нефти и газа мы будем использовать также обобщающий термин «нафтиды», включающий углеводороды в газовом, жидком, полутвердом и твердом состояниях или в виде смеси этих фаз [15].

В геоэкологических системах могут идти процессы как с возрастанием, так и уменьшением энтропии. При этом в экосистеме вещество распределяется таким образом, что в одних местах энтропия возрастает, а в других резко снижается. В целом же, система не теряет своей организованности или высокой упорядоченности. Способность системы снижать неупорядоченность внутри

**Табл.1.**

**Рассчет значений информационно-синергетических функций хаоса и порядка загрязнения Кечутского водохранилища.**

| **Загрязнитель** | *m* | $m\log_2 m$ |
|---|---|---|
| V | 8 | 24 |
| B | 8 | 24 |
| Cu | 5 | 11,6 |
| $NH_4^+$ | 1 | 0 |
| Mn | 6 | 15,5 |
| Si | 8 | 24 |
| M= 36 $S m\log_2 m$ = 99.1<br>$I_\Sigma$ = $S m\log_2 m$ / M = 99,1 : 36 =2,7527<br>S = $\log_2 36$ - 3.22 =5,16- 2.75=2,42<br>R =2,75 : 2.42 = 1.1363 | | |

**Табл.2.**

**Химический состав (об. %) и значения $I_\Sigma$, $S$, $R$ природного газа**

| $CH_4$ | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $N_2$ | $CO_2$ | $\mathbf{I_\Sigma}$ | **S** | **R** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 94.0 | 3.0 | 0.4 | 2 | 0.6 | 6.25 | 0.38 | 16.5 |

**Табл.3.**

**Химический состав (об. %) изначения $I_\Sigma$, $S$, $R$ газа газоконденсатных месторождений**

| Месторождение | $CH_4$ | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ | $C_5H_{12}$ | $N_2$ | $CO_2$ | $\mathbf{I_\Sigma}$ | **S** | **R** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вуктыльское | 74,80 | 7,70 | 3,90 | 1,80 | 6,40 | 4,30 | 0,10 | 5.24 | 1.4 | 3.73 |
| Оренбургское | 84,00 | 5,00 | 1,60 | 0,70 | 1,80 | 3,5 | 0,5 | **5.76** | **0.84** | **6.83** |
| Ямбургское | 89,67 | 4,39 | 1,64 | 0,74 | 2,36 | 0,26 | 0,94 | **5.95** | **0.69** | **8.62** |
| Уренгойское | 88,28 | 5,29 | 2,42 | 1,00 | 2,52 | 0,48 | 0,01 | **5.89** | **0.75** | **7.86** |

**Табл.4.**

**Химический состав (об. %) изначения $I_{\Sigma}$, $S$, $R$ нефтяных месторождений (попутного газа)**

| Месторождение | $CH_4$ | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ | $C_5H_{12}$ | $N_2$ | $CO_2$ | $I_{\Sigma}$ | S | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бавлинское | 35,0 | 20,7 | 19,9 | 9,8 | 5,8 | 8,4 | 0,4 | 4.28 | 2.36 | 1.81 |
| Ромашкинское | 38,4 | 19,1 | 17,8 | 8,0 | 6,8 | 8,0 | 1,5 | **4.28** | **2.36** | **1.81** |
| Самотлорское | 53,4 | 7,2 | 15,1 | 8,3 | 6,3 | 9,6 | 0,1 | **4.60** | **2.04** | **2.23** |
| Узеньское | 50,2 | 20,2 | 16,8 | 7,7 | 3,0 | 2,3 | – | **4.69** | **1.95** | **2.40** |

**Табл.5.**

**Значения $I_{\Sigma}$, $S$, $R$** *дляфракций ряда нефтей*

| ВЕЩЕСТВО | $I_{\Sigma}$ | S | R |
|---|---|---|---|
| **Первая фракция нефти Кумколь** | *3.85* | *2.79* | *1.38* |
| **Вторая фракция нефти Кумколь** | *3.45* | *3.19* | *1.10* |
| **Бензиновая фракция нефти Каражанбас** | *3.18* | *3.46* | *0.91* |
| **Керосиновая фракция нефти Каражанбас** | *3.28* | *3.36* | *0.976* |

себя иногда интерпретируют как способность накапливать синтропию. Большое значение в развитии экологических систем имеет закон максимизации энергии и информации: система всегда стремиться к максимальному освоению поступающей к ней энергии и информации, что определяет ее устойчивость и конкурентоспособность. Для гидроэкосистемы элементами системы могут быть донные отложения определенного состава, химический состав и физические параметры. Загрязненность водных систем можно представить как систему тех гидрохимических показателей, концентрация которых превышала ПДК.

Так, за 2011 г. на Кечутском водохранилище в Армении, концентрации V, B, Cu,$NH_4^+$,Mnи Si превышали ПДК соответственно в 8, 8, 5, 1, 6 и 6 раз. В данном случае $M$ = 36, $N$ = 6, а число превышения ПДК ($m$) изменяется от 1 до 8. Соответствующие рассчеты функций хаоса и порядка приведены в таблице 1.

Получается, что на Кетчутском водохранилище $R > 1$, то есть в структуре системы преобладает порядок. Это говорит о том, что вода Кетчутского водохранилища чистая.

Для нафтидов элементами системы могут быть химические элементы или химический состав.

Мы придерживаемся абиогенной теории образования нафтидов глубинными мантийными флюидами [16]. Концепция глубинного происхождения нефти и газа основана на представлениях о том, что образование углеводородов происходит в мантийных очагах вследствие неорганического синтеза[17]. Флюид - это водная, водно-газовая, паровая или газовая среда, состоящая из компонентов флюида в соединении с петрогенными, рудными и иными элементами, заключенная или переносимая в массе горных пород литосферы. Таким образом, компоненты флюида образуют единую, целостную истационарную систему,которая характеризуется граничными физико-химическими параметрами, то есть флюидным режимом[18].

Образовавшиеся в мантии Земли флюидыпо глубинным разломам перемещаются и проникают в земную кору, где и образуют нефтегазовые месторождения. Перемещение летучих соединений в эндогенных условиях может осуществляться как путем молекулярной диффузии этих соединений, так и посредством миграции мобильных газовых и газо-жидких обособлений. Миграция газовой фазы эндогенных флюидов осуществляется также путем прямой молекулярной диффузии сквозь растворы, расплавы и кристаллическую решетку минералов горных пород.

В таблицах 2 – 5 приведены рассчеты функций хаоса и порядка природного газа, газоконденсата, попутных газов нефтяных месторождений и нефтяных фракций.

Как видно из таблиц 2-5, в ряду природный газ → газоконденсат → попутный газ → нефть, энтропия растет, а синтропия уменьшается. Любопытно, что для природного газа $R$ = 16.5, что свидетельствует о высокой степени свободы газовой фазы. Для нефти функция $R \to 1$ и структурная организация системы является равновесной. Нефть самообразуется в ловушке в основном из мантийного высоко энергетического газа, обогащенного компонентами нефти, которые создают неравновесное энергетическое состояние, инициируя ряд переходных физико-химических процессов, протекающих под управлением закона сохранения энергии и в направлении достижения устойчивого равновесия. Так как синергическая теория информации хорошо описывает состояние геоэкологических систем [9-14], адитивную синтропию можно назвать геоэкологической.

## References:

1. Druzhinin V.V., Kontorov D.S. Problemy sistemologii. Problemy teorii slozhnykh sistem [Problems of systemology. Problems of the theory of complex systems]. – Moscow., Sov. radio, 1976. – 296 p..

2. Shredinger E. Chto takoe zhizn’? Tochka zreniya fizika [What is life? The physicist’s point of view]. – Moscow, Atomizdat, 1972. – 88 p.

3. Brillyuen L. Nauchnaya neopredelennost’ i informatsiya [Scientific uncertainty and information]. – Moscow, Mir, 1966. – 271 p.

4. Szent-Gyorgyi A. Drive in Living Matter to Perfect Itself, Synthesis 1. – 1977., Vol.1., pp. 14–26.

5. Fantappiè L. Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico. – Rome., Accademiad’ Italia, 1942.

6. Pfaundler M., von Seht L. Weitere Sauber Syntropie Kindlicher Krankheit Zustande, Zeitschr. f. Kinderheilk. – 1921., Bd. 30., pp. 298–313.

7. Prigozhin I., Stengers I. Poryadok iz khaosa [Order from chaos]. – Moscow, Progress, 1986. – 432 p.

8. Khaken G. Sinergetika [Synergetrics]. –Moscow, Mir, – 1980. – p.404.

9. Vyatkin V.B. K voprosu informatsionnoi otsenki priznakov pri prognozno-geologicheskikh issledovaniyakh [On the informational assessment of signs at forecasting-geological researches], News of the Ural Mining Institute. Series: Geology and Geophysics. – 1993., Vol. 2., pp. 21–28.

10. Vyatkin V.B. Teoriya informatsii i problema negentropiinoi otsenki priznakov [Theory of information and the problem of negentropy assessment of signs], Technogenesis and ecology: Information and thematic collection. – Ekaterinburg.,UGGGA, 1998., pp. 26–36.

11. Vyatkin V.B. Sinergeticheskaya teoriya informatsii: obshchaya kharakteristika i primery ispol'zovaniya [Synergetic theory of information: general characteristic and examples of use], Science and defense complex are the main resources of Russia's modernization. Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Conference. – Ekaterinburg., UrO RAN, 2002., pp. 361–390.

12. Vyatkin V.B. Khaos i poryadok diskretnykh sistem v svete sinergicheskoi teorii informatsii [Chaos and order of discrete systems in the light of the synergetic theory of information]. Scientific Journal of KubGAU [electronic resource]. – Krasnodar, KubGAU, 2009., No.47(1)., http://ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/8.pdf

13. Simonyan G.S. Otsenka sostoyaniya gidroekologicheskikh sistem v svete sinergicheskoi teorii informatsii [Assessment of the state of hydroecological systems in the light of the synergetic theory of information]. All-Russian Scientific-Practical Conference. Environmental safety and environmental management: science, innovation, management. – Makhachkala, ALEF, 2013., pp. 275– 80.

14. Simonyan G.S. Khaos i poryadok biologicheskikh sistem v svete sinergicheskoi teorii informatsii [Chaos and order of biological systems in the light of the synergetic theory of information]. Abstracts of the International Conference «Modern Problems of Chemical Physics». Erevan, 2012., pp.227 –228.

15. Levorsen A. Geologiya nefti i gaza [Geology of oil and gas]. – Moscow., Mir, 1970. – 640 p.

16. Simonyan G.S., Pirumyan G.P. Rol' azota v genezise nefti [Role of nitrogen in the oil genesis]. Sborniki nauchnyh trudov «Fundamental'nye i prikladnye problemy nauki» [Collections of scientific articles «Fundamental and applied problems of science»]. - Moscow, RAN, – 2013.

17. Kudryavtsev N.A. Genezis nefti i gaza [The genesis of oil and gas]. – Leningrad., Nedra, 1973. – 216 p.

18. Letnikov F.A. Avtonomnye flyuidnye sistemy kontinental'noi litosfery [Autonomous fluid systems of the continental lithosphere], DAN, 2009., Vol. 427., No.6., pp. 94 –97.

## Литература:

1. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии. Проблемы теории сложных систем. – М., Сов. радио, 1976. – 296 с.

2. Шредингер Э. Что такое жизнь? Точка зрения физика. – М., Атомиздат, – 1972. – 88с.

3. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. – М., Мир, –1966. – 271 с.

4. Szent-Gyorgyi A. Drive in Living Matter to Perfect Itself // Synthesis 1. – 1977.– V. 1. –№1. –P. 14 –26.

5. Fantappiè L. Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico. – Rome: Accademiad' Italia, – 1942.

6. Pfaundler M., von Seht L. Weitere Sauber Syntropie Kindlicher Krankheit Zustande //Zeitschr. f. Kinderheilk. – 1921. –Bd. 30. – S. 298–313.

7. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., Прогресс – 1986. – 432 с.

8. Хакен Г. Синергетика. – М., Мир, – 1980. – 404 с.

9. Вяткин В.Б. К вопросу информационной оценки признаков при прогнозно-геологических исследованиях // Известия Уральского горного института. Сер.:Геология и геофизика. – 1993. –Вып. 2. – С. 21 – 28.

10. Вяткин В.Б. Теория информации и проблема негэнтропийной оценки признаков //Техногенез и экология: Информационно-тематический сборник Екатеринбург, УГГГА, – 1998. – С. 26–36.

11. Вяткин В.Б. Синергетическая теория информации: общая характеристика и примеры использования. // Наука и оборонный комплекс – основные ресурсы российской модернизации. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Екатеринбург, УрО РАН, – 2002. С. 361–390.

12. Вяткин В.Б. Хаос и порядок дискретных систем в свете синергической теории информации. // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар, КубГАУ, – 2009. – №47(1). http://ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/8.pdf

13. Симонян Г.С.Оценка состояния гидроэкологических систем в свете синергической теории информации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление.– Махачкала, АЛЕФ, – 2013. –С. 275 – 280.

14. Симонян Г.С. Хаос и порядок биологических систем в свете синергической теории информации.// Тезисы докладов международной конференции» Современные проблемы химической физики». Ереван, – 2012. – С.227–228.

15. Леворсен А. Геология нефти и газа. – М., Мир, –1970. – 640 с.

16. Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Роль азота в генезисе нефти. Сборники научных трудов «Фундаментальные и прикладные проблемы науки».М., РАН, – 2013.

17. Кудрявцев Н.А. Генезис нефти и газа. – Л., Недра,–1973. – 216 с.

18. Летников Ф.А. Автономные флюидные системы континентальной литосферы // ДАН, –2009. – Т. 427. – №6. – С. 94 –97.

## Information about author:

1. Geworg Simonian - Candidate of Chemistry, Associate Professor, Yerevan State University; address: Armenia, Yerevan city; e-mail: sim-gev@mail.ru

UDC: 621.38:621.3.011.7

# ADAPTIVE METHODS AND ALGORITHMS OF ANALYSIS OF NON-LINEAR ELECTRONIC CIRCUITS ON THE PC

Z. Zhunusov, Candidate of Technical sciences, Associate Professor
A. Lee, student
Almaty Institute of Power Engineering and Telecommunications, Kazakhstan

The problem of quality and reliability assurance, improvement of technical and economic indicators of complex devices and nodes is closely connected with introduction of automated design in production of systems. Perspective approach to modeling of such complex chains is based on realization of appropriate principles of mathematical software adaptation in the subsystem of circuit design.

**Keywords:** electrical and electronic chains complication, electronic computing facilities, mathematical software adaptation, Adaptive software.

Conference participants

УДК: 621.38:621.3.011.7

# АДАПТИВНЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ НА ПК

Жунусов З.А., канд. техн. наук, доцент
Ли А.В., бакалавр
Алматинский университет энергетики и связи, Казахстан

Проблема обеспечения качества и надежности, улучшения технико-экономических показателей сложных устройств и узлов тесно связана с внедрением в производство систем автоматизированного проектирования. Перспективный подход к моделированию таких сложных цепей основан на реализации соответствующих принципов адаптации математического обеспечения в подсистеме схемотехнического проектирования.

**Ключевые слова:** усложнение электрических и электронных цепей, электронно-вычислительные средства, адаптация математического обеспечения, Адаптивное программное обеспечение

Участники конференции

Современный этап развития электротехнических и электронных устройств характеризуется усложнением электрических и электронных цепей, большим разнообразием функций, выполняемых ими.

Проблема обеспечения качества и надежности, улучшения технико-экономических показателей сложных устройств и узлов тесно связана с внедрением в производство систем автоматизированного проектирования. Особенно остро эта проблема касается наиболее ответственного этапа: оптимального выбора конструкторских решений, тщательной проработки принципиальной схемы устройств, как в целом, так и отдельных его узлов.

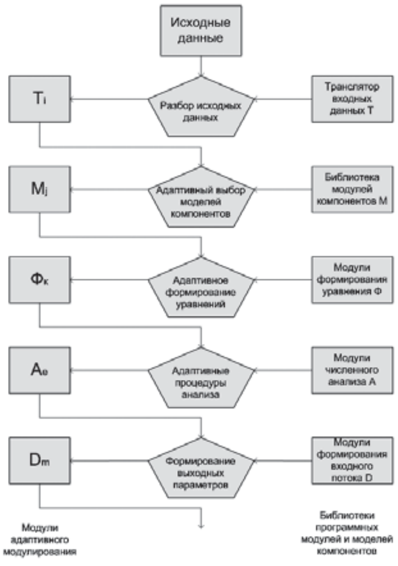



**Рис.1. Блоки анализа и принятия решений по критериям адаптации.**

Для решения перечисленных задач необходима разработка методов, алгоритмов и программы машинного анализа сложных объектов, повышающих эффективность использования электронно-вычислительных средств. Существенная нелинейность характеристик электротехнических и электронных устройств делает задачу исследования процессов весьма сложной даже при использовании самых современных средств вычислительной техники.

Перспективный подход к моделированию таких сложных цепей основан на реализации соответствующих принципов адаптации математического обеспечения в подсистеме схемотехнического проектирования. Суть адаптации заключается в ее способности приспосабливаться к особенностям поставленной задачи путем динамической настройки программного обеспечения на основе априорной и апостериорной информации [1].

Адаптивное программное обеспечение строится на базе синтеза методов теории цепей, вычислительной математики, макромоделирования и современных приемов программирования.

В последние годы много работ посвящено реализации принципов адаптации, предназначенных для систем схемотехнического проектирования. Большое внимание стала привлекать разработка структуры адаптивно САПР, обеспечивающей динамическое взаимодействие проектировщика и ЭВМ. Создание таких САПР требует единого системно-программного подхода при разработке всех этапов моделирования, от создания математических моделей отдельных элементов электронной цепи до выбора методов формирования и обработки совокупности системы уравнений анализируемой цепи. Эффективным способом реализации такого подхода является разработка гибкой модульной иерархической структуры системы, обеспечивающей ее открытость, состоятельность, надежность, что, в свою очередь, предусматривает глубокое изучение свойств моделей анализируемой схемы, с целью, разработки критериев распознавания класса задач и выбора наиболее эффективных алгоритмов для ее решения.

Такой подход позволяет существенно увеличивать размеры рассчитываемых систем и уменьшить машинное время расчета [2].

Термин адаптация использовался вначале для описания способности живых организмов приспосабливаться к условиям обитания и изменениям окружающей среды, а в технических

приложениях нашел применение в теории и проектировании систем автоматического управления [3].

Адаптация систем автоматизированного проектирования к кругу решаемых вопросов возможна только при учете специфических особенностей задач и осуществляет путем настройки алгоритмов с помощью критериев адаптации, задаваемых разработчиком или вырабатываемых на основе анализа исходных данных и промежуточных результатов. Такая организация позволяет создать системы автоматизированного проектирования, универсальные по отношению к различным классам задач и в то же время специализированные для любого представителя из любого класса. Таким образом, преодолевается существующее противоречие между универсальными и специализированными системами, и открываются новые пути повышения эффективности.

Пример блок-схемы адаптивной системы схемотехнического проектирования можно найти в [2].

Приведенная блок-схема построена по классическому принципу, широко используемому для проектирования аналоговых линейных схем, которые описываются системами интегро-дифференциальных или разностных уравнений. Однако, для проектирования современных электронных систем, включающих аналоговые, дискретно-аналоговые и цифровые части, целесообразно использовать иерархический подход [3]. При этом для некоторых частей рассчитываемой системы уравнения не формируются, а решение получается алгоритмически на основе логических операций. С учетом приведенных выше рассуждений на (рисунок 1) приведена несколько отличающаяся от предложенной в [2] блок схемы.

Отличие состоит в том, что перед блоком формирования уравнений введен дополнительный блок, осуществляющий адаптивный выбор алгоритма решения. Эта процедура состоит в анализе предлагаемой задачи, выборе способа получения решения: на основании уравнений, алгоритмически или комбинаторном методов и подключении необходимых процедур.

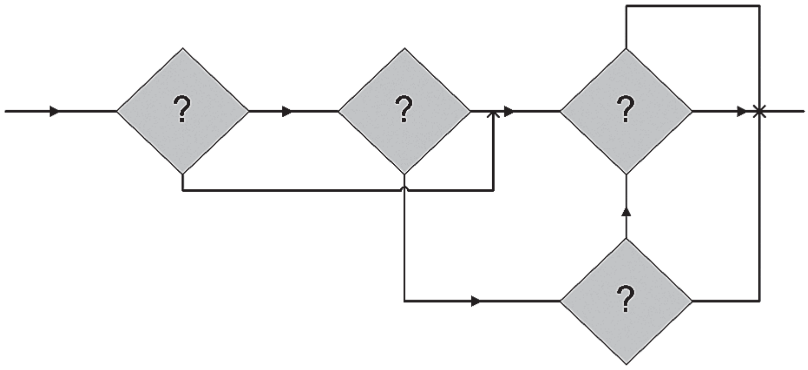



**Рис.2а. Альтернативный способ.**

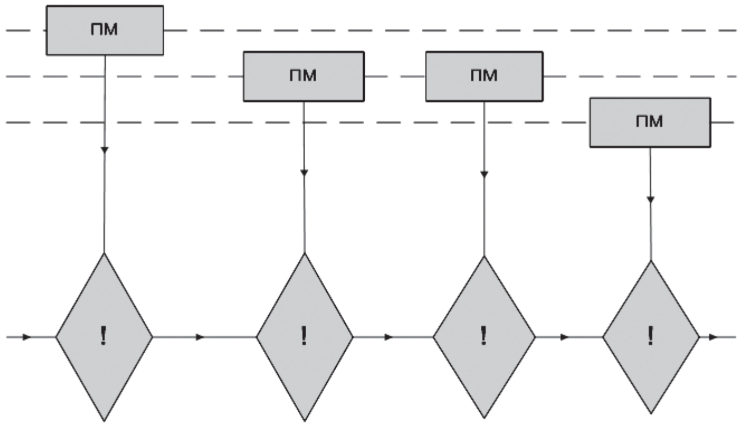



**Рис. 2 б. Императивный способ.**

Можно указать два способа организации проблемно-адаптивной системы: альтернативный и императивный.

При альтернативном способе (рисунок 2 а) все модули системы рассчитаны на решение некоторой задачи максимально возможной сложности и организуются в жесткой логической структуре. Адаптация системы к конкретной задаче осуществляется на основе состояний альтернативных ключей, которые идентифицируются в соответствии с критериями адаптации. Таким образом, универсальность системы обеспечивается ее избыточностью, а специализация – ее настройкой, выполняемой как на основе исходных данных, так и в процессе прохождения задачи [4].

При императивном способе (рисунок 2 б) в оперативную память ЭВМ загружается информационно-организационная магистральная совокупность программных модулей, обеспечивающих решение типичных задач, преимущественно встречающихся в практике проектирования. Каждый раз, когда обнаруживается несостоятельность такой совокупности модулей, вызываются соответствующие программные модули из внешней памяти ЭВМ. Таким образом, универсальность специализированной системы обеспечивается за счет резерва программных моделей, ассортимент которых может пополняться в процессе эксплуатации с учетом накапливаемого опыта и расширения круга решаемых задач [5].

Каждый из этих способов внутренней адаптации имеет свои положительные стороны, которые наилучшим образом реализуются при комбинированном их применении. Реализация принципов адаптации предъявляет ряд требований к структуре и организации системного, ал-

горитмического и информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования.

К основным принципам адаптивных систем следует отнести:

1. Диалоговые средства интерфейса с пользователем;
2. Универсальность средства интерфейса с пользователем;
3. Открытость системы;
4. Модульность;
5. Состоятельность системы;
6. Надежность;
7. Эффективность;
8. Самонастраиваемость на круг решаемых задач;
9. Широкие графические возможности.

Широкому применению систем автоматизированного проектирования способствует уровень организации диалога с выдачей диагностических и информационных сообщений, работа в интерактивном режиме с анализом и контролем промежуточных результатов с возможностью прерывания работы, т.е. общительностью программного обеспечения. Одним из важнейших требований является универсальность – применимость системы или ее части для анализа широкого класса электронных схем[6].

Открытость системы автоматизированного проектирования определяется готовностью к включению новых алгоритмов и моделей компонентов, а развиваемость – возможностью совершенствованию структуры и расширение функциональных возможностей на основе накапливаемого опыта и возникающих потребностей практики.

Наиболее существенным требованием является состоятельность – способность анализировать критические ситуации и распознавать ошибки при нарушении нормального хода вычислений или недостоверных результатах, с целью, автоматического устранения подобных ситуаций или прерывании с выдачей соответствующей информации пользователю. Повышение эффективности и надежности проектирования связано с принципом параллельности – использованием различных алгоритмов для решения одной и той же задачи на критических этапах моделирования для повышения достоверности результатов, а также распараллеливание алгоритмов для устранения процесса решения. Развитие систем автоматизированного схемотехнического проектирования показало, насколько удовлетворяются эти требования, настолько повышается уровень самоорганизации систем и ее способность к адаптации. Отсюда следует вывод о том, что универсальная система должна быть самонастраивающейся, причем самонастройка должна производиться в процессе решения задач.

## References:

1. Zhunusov Z.A., Erzhan A.A. Uchet razrezhennosti v matrichnykh uravneniyakh dlya analiza elektronnykh skhem [Consideration of a sparseness in the matrix equations for the analysis of electronic schemes]., Bulletin of AUES - Almaty., 2010.

2. Zhunusov Z.A., Erzhan A.A. Uravneniya v gibridnykh koordinatnykh bazisakh «Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya» Almaty [The equations in hybrid coordinate bases «The international scientific and practical conference» in Almaty] – 2010., Vol. 1., pp. 145-152.

3. Zhunusov Z.A., Erzhan A.A. Metod posledovatel'nogo chastichnogo LU – razlozheniya dlya analiza v chastotnoi oblasti [Method of consecutive partial LU-decomposition for the analysis in the frequency area], Bulletin of AUES Almaty «7th Anniversary International Scientific Conference «Energy, telecommunications and higher education in modern conditions» – 2010., Vol. 1., pp. 88-91.

4. Mironov V.G., Pun'kov I.M., Zhunusov Z.A. Modelirovanie nelineinykh skhem na mini-EVM [Modeling nonlinear circuits on the mini computer], Theoretical Electrical Engineering, 1988., Vol. 45., pp. 96-102.

5. Mironov V.G., Pun'kov I.M., Zhunusov Z.A. Adaptivnoe modelirovanie nelinejnyh shem na JeVM [Adaptive modeling of nonlinear schemes on the computer]. Reports of the seminar «CAD of electronic circuits». - Cheboksary., 1989., pp. 26-37.

6. Mironov V.G., Pun'kov I.M., Zhunusov Z.A. Povyshenie vychislitel'noi effektivnosti analiza elektronnykh skhem [Improvement of computing efficiency of analysis of electronic circuits], Works of the Moscow Power Engineering Institute, 1989.

## Литература:

1. Жунусов З.А., Ержан А.А. Учет разреженности в матричных уравнениях для анализа электронных схем // ВЕСТНИК АУЭС Алматы – 2010 г.

2. Жунусов З.А., Ержан А.А. Уравнения в гибридных координатных базисах «Международная научно-практическая конференция» Алматы – 2010 г. – Содерж. Докладов том. 1 – С. 145-152.

3. Жунусов З.А., Ержан А.А. Метод последовательного частичного LU – разложения для анализа в частотной области //ВЕСТНИК АУЭС Алматы «7–ой Юбилейный международный научно–техническая конференция «Энергетика, телекоммуникация и высшее образование в современны условия» – 2010 г. Содерж. Том 1 – С. 88-91.

4. Миронов В.Г., Пуньков И.М., Жунусов З.А. Моделирование нелинейных схем на мини-ЭВМ //Теоретическая электротехника, 1988. Вып. 45. – С. 96-102.

5. Миронов В.Г., Пуньков И.М., Жунусов З.А. Адаптивное моделирование нелинейных схем на ЭВМ. Доклады семинара «САПР электронных схем» Чебоксары. 1989 г. – С. 26-37.

6. Миронов В.Г., Пуньков И.М., Жунусов З.А. Повышение вычислительной эффективности анализа электронных схем //Тр. Моск. Энерг. Института, 1989 г.

## Information about authors:

1. Zangar Zhunusov - Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Almaty Institute of Power Engineering and Telecommunications, address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: artemlee90@mail.ru

2. Artem Lee - student, Almaty Institute of Power Engineering and Telecommunications, address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: artemlee90@mail.ru

# PEDAGOGICAL CONDITIONS OF TRAINING FUTURE BACHELORS IN INFORMATICS TO APPLY EDUCATIONAL SOFTWARE IN PROFESSIONAL PEDAGOGICAL ACTIVITIES

I. Ishutina, Senior Lecturer
B. Kengegulov, Doctor of Technical sciences, Full Professor
Atyrau State University name of Kh. Dosmukhamedova, Kazakhstan

In this article authors determine pedagogical conditions for training future bachelors in informatics to apply educational software in professional pedagogical activities. Authors introduce the concept of the considered readiness and its main structural components.

**Keywords:** pedagogical conditions, readiness, educational software.

Conference participants

# ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ ИНФОРМАТИКИ К ПРИМЕНЕНИЮ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ В ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ишутина И.Р., ст. преподаватель
Кенжегулов Б.З., д-р техн. наук, проф.
Атырауский государственный университет им. Халела Досмухамедова, Казахстан

В статье определяются педагогические условия подготовки будущих бакалавров информатики к применению компьютерных обучающих программ в профессионально-педагогической деятельности, вводится понятие рассматриваемой готовности и ее основные структурные компоненты.

**Ключевые слова**: педагогические условия, готовность, компьютерные обучающие программы

Участники конференции

Внедрение новых информационных и компьютерных технологий (ИКТ) в систему образования вносит свои требования в формирование нового поколения выпускников школ и ВУЗов. Направленность подготовки будущих специалистов должна быть ориентирована именно на использование возможностей компьютерных технологий, на применение прикладных компьютерных программ, усвоение навыков поиска и обработки информации, работе с гипертекстовыми системами.

В настоящий момент, будущее за компьютерными технологиями обучения и чем шире проникнут они в область обучения учащихся, тем легче пройдет их процесс будущей адаптации, жизни и работы в информационном обществе. В настоящий момент, актуальным является вопрос подготовки педагогов эффективно использующих компьютерные технологии в процессе обучения. Социально-педагогическая значимость проблемы широкого использования средств ИКТ в учебном процессе обусловили необходимость ориентации профессиональной подготовки будущих учителей информатики на формирование у них готовности к применению обучающих программ в профессионально-педагогической деятельности.

На наш взгляд, для эффективной подготовки будущих бакалавров информатики к применению обучающих программ в профессионально-педагогической деятельности, необходимым является разработка научно-обоснованных педагогических условий в ВУЗе.

Учитывая вышеизложенное, мы определяем готовность будущих бакалавров информатики к применению обучающих программ, как устойчивое состояние личности, включающее в себя направленность личности на применение компьютерных обучающих программ, а также личностные качества, определяемые знаниями, умениями и навыками, способствующие реализации этой направленности.

Разрабатывая структуру данной готовности, мы исходили из того, что ее компонентами являются мотивационный, содержательный и процессуальный и творческий [1,с.96].

*Мотивационный* компонент включает в себя осознание будущим учителем информатики социальной значимости работы с применением компьютерных обучающих программ. Положительное отношение к применению педагогических программных средств в учебном процессе. Наличие информационной культуры и высокого уровня компьютерной грамотности. Понимание характера, психологии поведения и отношений учащихся к обучению с помощью компьютерных обучающих программ.

*Содержательный* компонент отражает знание закономерностей, движущих сил, противоречий, воспитательных механизмов использования компьютерных технологий в целостном педагогическом процессе обучения информатики. Знание психофизиологических особенностей личности школьника в плане его взаимодействия с компьютерными программными средствами обучения. Знание психолого-педагогических условий эффективной работы с компьютерными программами и использование их в процессе обучения информатики. Знание педагогической целесообразности и функциональных возможностей компьютерного обучения. Знание методологии и методов преподавания информатики с использованием педагогических средств учебного назначения в работе с учащимися в условиях компьютерного класса средней школы.

*Процессуальный* компонент содержит умение организовать процесс обучения и познавательную деятельность учащихся посредством использования компьютерных обучающих программ. Умение решать психолого-педагогические ситуации, характерные для использования компьютерных обучающих программ. Умение самостоятельно создавать, с помощью, так называемых, программ-оболочек, и с наибольшим обучающим эффектом применять различные виды компьютерных обучающих программ.

*Творческий* компонент определяется в умении нестандартного отбора содержания и форм работы с учащимися при использовании компьютерных обучающих программ, умении применять психолого-педагогические навыки в работе с обучающими про-

граммами, а также умение приобрести собственный опыт творческой работы по модификации, модернизации имеющихся программных средств учебного назначения и разработке собственных обучающих программ.

Анализ компонентов, критериев и показателей готовности позволил нам определить следующие уровни высокий, достаточный, средний, низкий [1, с.99].

Движущие факторы развития всех структурных компонентов данной готовности нашли свое отражение в модели формирования у будущих бакалавров информатики готовности к применению обучающих программ в профессиональной деятельности, которая характеризуется следующими этапами: пропедевтическим (мотивация к применению средств ИКТ в учебном процессе), обучающим (знания, умения и навыки создания и использования обучающих программ), корректирующим (применение знаний умений и навыков к созданию и использованию компьютерных обучающих программ) и итоговым (педагогические практики с применением средств ИКТ, защита дипломного проекта по созданию компьютерной обучающей программы).

Подготовка будущего бакалавра информатики к применению обучающих программ в профессиональной деятельности, на наш взгляд, должна быть тесно связана с учебно-воспитательным процессом ВУЗа, в ходе которого студенты имеют возможность закреплять на практике полученные теоретические знания и практические умения.

Первостепенную роль и значение в обучении будущего бакалавра информатики знаниям, умениям и навыкам работы по использованию обучающих программ, мы отводим организации педагогических условий, способствующих всестороннему развитию будущего учителя информатики, совершенствованию его педагогического мастерства. Педагогические условия, также, предполагают включение студентов в творческую деятельность и научно-педагогические исследования в основе которых лежит использование компьютерных обучающих программ [2, с.310].

Совокупность педагогических условий, повышающих эффективность подготовки будущих бакалавров информатики к применению обучающих программ в профессионально-педагогической деятельности, следует разделить на три группы:

1) дидактические - условия овладения студентами теоретических, практических и методологических знаний и умений и навыков создания и применения компьютерных обучающих программ в учебном процессе;

2) психолого-педагогические - условия развития положительной мотивации к применению ИКТ и ценностного отношения к информационной культуре, личностное принятие технологии компьютерного обучения в целом, развитие творческих способностей при создании обучающих программ и использовании их в процессе обучения на уроках информатики;

3) организационно-методические условия - создание среды способствующей формированию исследуемой готовности, организация занятий с регулярным и целенаправленным использованием средств ИКТ для обучения самих студентов, сотрудничество кафедр психологии, педагогики и спец.дисциплин.

Охарактеризуем более подробно вышеперечисленные условия.

Под дидактическими условиями мы будем понимать ориентированность содержания подготовки будущих бакалавров информатики на применение обучающих программ в профессиональной деятельности, путем дополнительного включения в содержание спец.дисциплин и дисциплин психолого-педагогического направления вопросов и тем касающихся применения компьютерных обучающих программ в учебном процессе. Регулярное и целенаправленное использование в учебном процессе активных методов обучения: метод проектов, ролевых игры, элементов программированного, компьютерного, проблемного и развивающего обучения. Направленность процесса обучения на формирование профессионально ориентированных знаний умений и навыков использования компьютерных технологий обучения. Начиная с первых курсов обучения будущих учителей информатики, применение в учебном процессе ВУЗа средств ИКТ при объяснении, закреплении, проверке, оценке знаний умений и навыков, а также при организации самостоятельной работы студентов. Дидактические условия, направленные на регулярное и последовательное применение компьютерных технологий в обучении самих будущих учителей информатики, способствуют достижению единой цели, они содействуют формированию компьютеризированной информационно образовательной среды ВУЗа. Будущие учителя информатики сами, учась в среде с широким использованием компьютерных технологий обучения, могут увидеть все положительные стороны такого обучения, а также особенности его использования и формы применения на разных этапах обучения.

Психолого-педагогические условия предполагают осуществление психолого-педагогической подготовки будущих бакалавров информатики, направленной на повышение профессиональной готовности в области внедрения ИКТ в учебный процесс. Психолого-педагогические условия направлены на формирование у студентов активного отношения к применению компьютерных технологий в учёбе; воспитание интересов к компьютерным программам широкого спектра применения и потребностей в освоении и использовании таких программ; владение современными методами учебно-воспитательной работы в системе компьютерного обучения; формирование интереса и профессионально-творческой активности в создании обучающих программ; обеспечение личностно-ориентированного подхода к каждому студенту; включение студентов в систематическую творческую деятельность по конструированию, созданию, разработке сценариев, тестировании и отладке компьютерных программ; поощрение самостоятельного получения знаний умений и навыков при помощи средств ИКТ, а также использования приобретённых знаний, умений и навыков в практической деятельности.

Необходимыми организационно-

методическими условиями подготовки будущих бакалавров информатики стали:

- современная информационно-образовательная среда в ВУЗе, как необходимое условие информатизации высшего образования;
- модернизация системы методической работы в ВУЗе, как основа организации процесса обучения будущих бакалавров информатики к использованию обучающих программ в профессионально-педагогической деятельности;
- организация воспитательно-образовательной работы по развитию умений и навыков создания и применения обучающих программ;
- создание творческой, развивающей среды, направленной на создание авторских программ обучающего характера.

Организационно-методические условия направлены на формирование и развитие у будущих бакалавров информатики потребности в применении и создании обучающих программ в учебном процессе. К организационно-методическим условиям, также, следует отнести создание учебно-методического обеспечения процесса подготовки будущих бакалавров информатики к применению обучающих программ в профессионально- педагогической деятельности и подготовку преподавателей ВУЗа, обучающих будущих учителей информатики, к применению современных информационных технологий при организации процесса обучения студентов.

Выделенные группы педагогических условий тесно взаимосвязаны и присутствуют на всех этапах формирования готовности.

Анализ результатов опытно-педагогической работы, проведенной авторами в Атырауском государственном университете имени Халела Досмухамедова, даёт основание считать, что подготовка будущих бакалавров информатики к применению обучающих программ в профессионально-педагогической деятельности не только необходима, но и имеется возможность для ее осуществления в период обучения в ВУЗе. Для этого необходимыми являются, выделенные авторами, планомерные и целенаправленно организованные педагогические условия, осуществляемые в учебно-воспитательном процессе ВУЗа.

**References:**

1. Ishutina I.R. Gotovnost' budushchikh uchitelei informatiki k primeneniyu komp'yuternykh obuchayushchikh programm v pedagogicheskoi deyatel'nosti [Readiness of future informatics teachers to apply educational software in pedagogical activities], I.R. Ishutina, Bulletin of Atyrau State University. named after Kh. Dosmukhamedova: Izdat.tsentr AGU im. Kh. Dosmukhamedova., ASU Publishing Center. H. Dosmukhamedov, Vol. 1(12)., 2009., pp. 95-100.

2. Kenzhegulov B.Z., Ishutina I.R. Podgotovka budushchikh uchitelei informatiki k primeneniyu komp'yuternykh obuchayushchikh programm v professional'noi deyatel'nosti [Training future informatics teachers to apply educational software in pedagogical activities], scientific journal «Poisk»., No. 4(1)., 2012., pp. 108-113.

**Литература:**

1. Ишутина И.Р. Готовность будущих учителей информатики к применению компьютерных обучающих программ в педагогической деятельности/ И.Р. Ишутина// Вестник Атырауского государственного университета им. Х.Досмухамедова: Издат.центр АГУ им. Х.Досмухамедова, №1(12) 2009.- 95-100 с.

2. Кенжегулов Б.З., Ишутина И.Р. Подготовка будущих учителей информатики к применению компьютерных обучающих программ в профессиональной деятельности /научный журнал «Поиск» №4(1) 2012. -108-113 с.

**Information about authors:**

1. Irina Ishutina - Senior Lecturer, Atyrau State University name of Kh. Dosmukhamedova, address: Kazakhstan, Atyrau city; e-mail: bicar1@yandex.ru

2. Beket Kengegulov - Doctor of Technical sciences, Full Professor, Atyrau State University name of Kh. Dosmukhamedova, address: Kazakhstan, Atyrau city; e-mail: kenzegulov_bz@mail.ru

UDC: A629.76

# PROBLEMS OF A SPACE ELEVATOR CREATION

Yu. Khlopkov, Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor
A. Vyatkin, Student
A. Khlopkov, Engineer
M.M. Zay Yar, Candidate of Mathematical and Physical sciences, Doctoral Candidate
Moscow Institute of Physics and Technology, Russia

The Russian idea of the «The space elevator» is theoretically the most profitable idea from the economic point of view for transportation of freight and passengers into space. The main problems of the Space Elevator project can be presented as follows: trans-, super- and hypersonic aerodynamics of system elements; cable – materials, tension, section form; influence of Moon and Sun; the Coriolis force; atmospheric phenomena; radiation belts; energy supply for the elevator; counterweight.

**Keywords:** Space elevator, space transportation system, space elevator cable, carbon nano-tubes.

Conference participant, National championship in scientific analytics

УДК: A629.76

# ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА

Хлопков Ю.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Вяткин А.В., студент
Хлопков А.Ю., инженер-программист
Зея М.М., канд. физ.-мат. наук, докторант
Московский физико-технический институт, Россия

Теоретически наиболее выгодным с экономической точки зрения доставки грузов и пассажиров в космос является русская идея «Космический лифт». Основные проблемы реализации проекта «Космический лифт» можно представить следующим образом: транс-, сверх- и гиперзвуковое обтекание элементов системы; трос – материалы, натяжение, форма сечения; влияние Луны и Солнца; сила Кориолиса; атмосферные явления; радиационные пояса; подвод энергии для подъемника; противовес.

**Ключевые слова:** Космический лифт, космическая транспортная система, трос космического лифта, углеродные нанотрубки.

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике

Этапы освоения околоземного космического пространства тесно связаны с фундаментальной физической проблемой – исследованием гиперзвукового движения. В практическом плане эта проблема связана с созданием многоразовых гиперзвуковых летательных аппаратов. В этом плане и в теоретическом и в практическом плане СССР неизменно занимал лидирующие позиции в мире. Это, не имеющие аналогов мире проекты «Буря», «Спираль», «Бор». Наиболее перспективным проектом, доведенным до испытательного изделия (60-70-е годы XX в.) был проект «Спираль».

**Рис.1. Гиперзвуковой самолет-разгонщик проекта «Спираль» и космическая королевская яхта принцессы Амидолы с планеты Набу из фильма, вышедшего существенно позже, «Скрытая угроза» космической саги «Звездные войны»**

Стоит упомянуть менее масштабный и менее успешный проект NASA, существовавший в тоже время, «Dyna-Soar», так и не достигший гиперзвуковых скоростей. Закрытие по ряду, с нашей точки зрения, несущественных соображений проекта «Спираль», как показало дальнейшее направление освоения космического пространства, было ошибкой политического руководства СССР.

Дальнейшее развитие многоразовых гиперзвуковых летательных аппаратов пошло по программам-близнецам «Space Shuttle» и «Буран» к настоящему времени закрытыми из-за высокой стоимости доставки грузов на космическую орбиту и страшных катастроф с кораблями «Challenger» и «Columbia». В настоящее время в стадии реализации находятся экономически более выгодные проекты «Клипер» и «Falcon HTV-2». Однако теоретически наиболее выгодным с экономической точки зрения доставки грузов и пассажиров в космос является русская идея «Космический Лифт». Самой идее космического лифта сто с лишним лет. В 1895 году основатель космонавтики Константин Циолковский в одной из своих статей описал гигантское сооружение с тросом, протянутым к «Небесному дворцу» [1]. Туда надо было подниматься на лифте, чтобы потом лететь дальше в космос. Эту идею развил в фантастическом романе «Фонтаны рая» Артур Кларк [2].

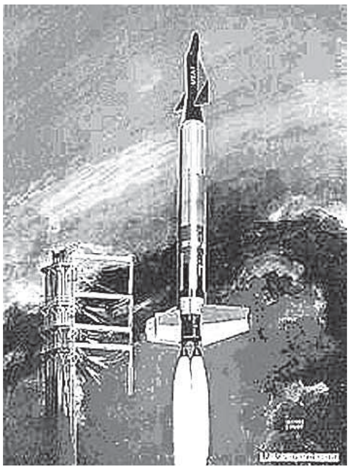


**Рис.2. Проект «Dyna-Soar»**

Современный проект космического лифта (автор проекта Сатоми Катсуяма) состоит из специального противовеса, находящегося на высоте 96 000 километров, скинутого на Землю троса (своеобразный монорельс, который в натянутом состоянии соединит планету и противовес в жесткую систему). По канату поедет в небо подъемник - своего рода лифт.

Причем большую часть пути он будет подниматься за счет центробеж-

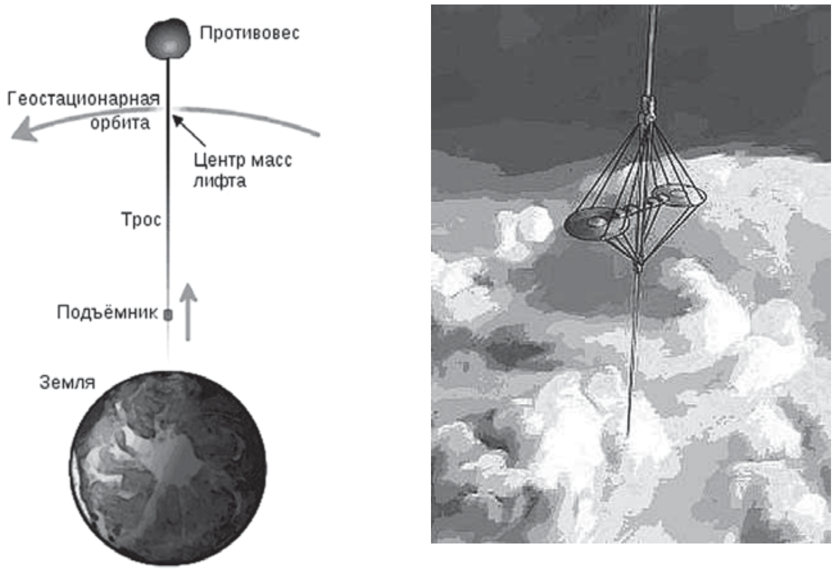



**Рис.3-4. Концептуальная схема космического лифта**

ной силы вращения Земли, и никакой энергии тратить не придется. Выше 36 тысяч километров челнок сам покатится к станции. Центр тяжести этой системы все время будет оставаться на геосинхронной орбите, так что вся конструкция будет двигаться вместе с Землей. Трос будет создан из углеродных нанотрубок, которые в 100 раз прочнее стали и в сотни раз легче. С помощью электродвигателя небольшая кабина, рассчитанная на 30 человек, будет подниматься со скоростью 200 километров в час. На высоте 36 тысяч километров, расположится орбитальная станция. Она станет конечным пунктом для космических туристов. А научные специалисты или астронавты смогут продолжать двигаться дальше. Не исключено, что позже трос будет доведен и до самой Луны.

Предположительно, лифт может стоить $ 12 млрд., а одно из возможных мест расположения стартовой платформы лифта - в Тихом океане недалеко от Эквадора. Этот район экватора находится за сотни километров от маршрутов коммерческих авиарейсов. Кроме того, известно, что ураганы никогда не пересекают экватор и здесь почти не бывает молний.

В США с 2005 года NASA вместе с компанией «Space Elevator Games» проводят соревнования в двух номинациях: «лучший трос» и «лучший подъемник». Призовой фонд - $ 4 млн. Собственные эксперименты проводит и компания LiftPort Inc. При успешной реализации проекта в будущем лифт, в соответствие с идеями Циолковского, станет стартовой площадкой для межпланетных полетов.

Одной из ключевых проблем при реализации проекта является трос. От троса требуется чрезвычайно большая прочность на разрыв в сочетании с низкой плотностью. Углеродные нанотрубки похоже представляются подходящим материалом. Если допустить пригодность их для изготовления троса, то создание космического лифта является решаемой инженерной задачей, хотя и требует использования передовых разработок и больших затрат иного рода.

Космический лифт должен выдерживать по крайней мере свой вес, весьма немалый из-за длины троса. Утолщение с одной стороны повышает прочность троса, с другой - прибавляет его вес, а следовательно и требуемую прочность. Нагрузка на него будет различаться в разных местах: в одних случаях участок троса должен выдерживать вес сегментов, находящихся ниже, в других - выдерживать центробежную силу, удерживающую верхние части троса на орбите. Для удовлетворения этому условию и для достижения оптимальности троса в каждой его точке, толщина его будет непостоянной.

Проблема утолщения троса. Можно показать, что с учётом гравитации Земли и центробежной силы (не учитывая влияние Луны и Солнца), сечение троса в зависимости от высоты будет описываться следующей формулой:

$$A(r) = A_0 \exp\left[\frac{\rho}{s}\left[\frac{1}{2}\omega^2(r_0^2 - r^2) + g_0 r_0 (1 - \frac{r_0}{r})\right]\right]$$

Здесь $A(r)$— площадь сечения троса как функция расстояния $r$ от центра Земли. В формуле используются следующие константы:

- $A_0$ — площадь сечения троса на уровне поверхности Земли.
- $\rho$ — плотность материала троса.
- $s$ — предел прочности материала троса.
- $w$ — круговая частота вращения Земли вокруг своей оси, 7.292·10−5 радиан в секунду.

**Рис.5. Артур Кларк «Фонтаны рая» «Космический лифт»**

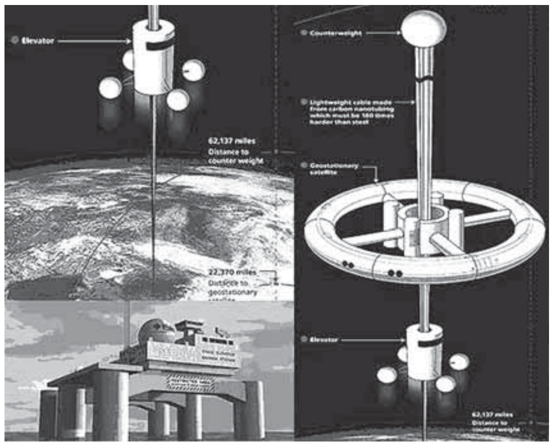


**Рис.6. Современный проект космического лифта**

- $r_0$ — расстояние между центром Земли и основанием троса. Оно приблизительно равно радиусу Земли, 6 378 км.
- $g_0$ — ускорение свободного падения у основания троса, 9.780 м/с².

Это уравнение описывает трос, толщина которого сначала экспоненциально увеличивается, потом её рост замедляется на высоте нескольких земных радиусов, а потом она становится постоянной, достигнув в конце концов геостационарной орбиты. После этого толщина снова начинает уменьшаться. Таким образом, отношение площадей сечений троса у основания и на геостационарной орбите ($r$ = 42 164 км) есть:

$$\frac{A(r_{geo})}{A_0} = \exp\left[\frac{\rho}{s} \times 4.823 \times 10^7 \frac{m^2}{s^2}\right]$$

Подставив сюда плотность и прочность стали и диаметр троса на уровне Земли в 1 см, мы получим диаметр на уровне геостационарной орбиты в несколько сот километров, что означает, что сталь и прочие привычные нам материалы непригодны для строительства лифта.

Суммируя вышесказанное основные проблемы реализации проекта «Космический лифт» можно представить следующим образом [3]

**Проблемы:**

1. Транс-, сверх- и гиперзвуковое обтекание элементов системы;
2. Трос – материалы, натяжение, форма сечения;
3. Влияние Луны и Солнца;
4. Сила Кориолиса;
5. Атмосферные явления;
6. Радиационные пояса;
7. Подвод энергии для подъемника.
8. Противовес

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 11-07-00300-а).

### References:

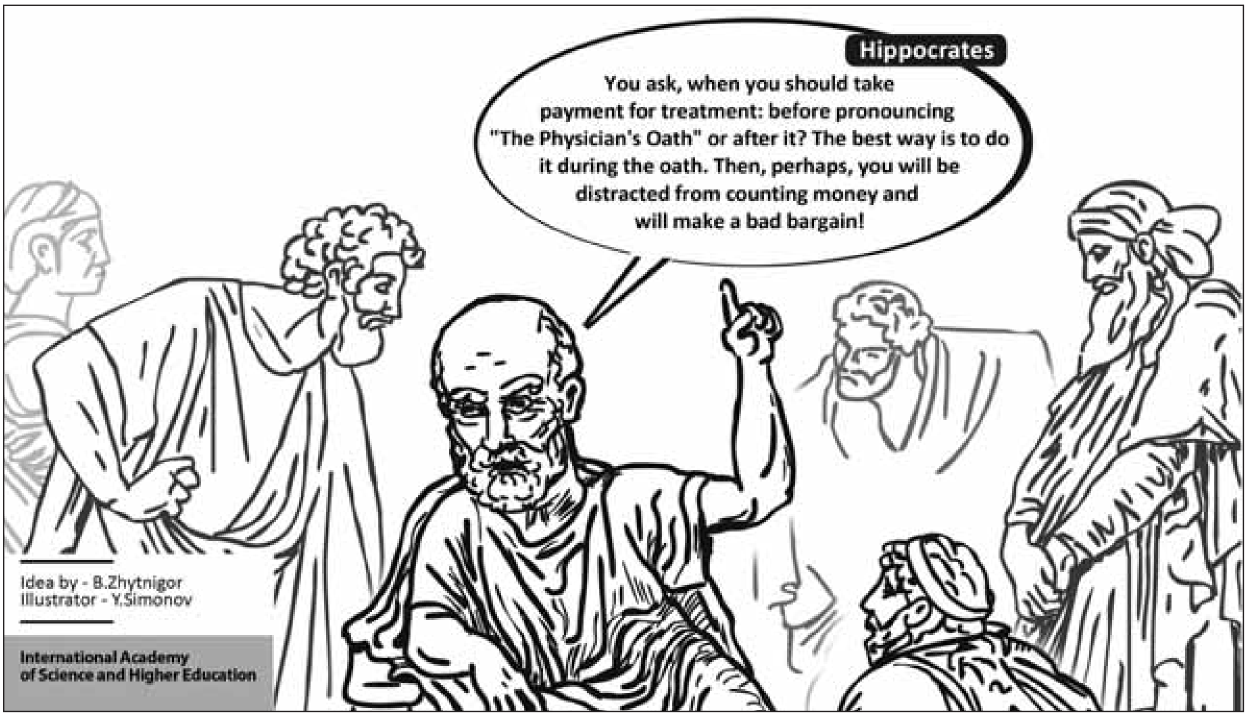
1. Tsiolkovskii K.E. Issledovanie mirovykh prostranstv 1911-1912 [Examination of world spaces 1911-1912], Collection of works. – Moscow., Publ.. AN USSR, 1954.
2. Klark Artur Fontany Raya [Fountains of Paradise]. – Moscow., I.L., 1967.
3. Vyatkin A.V., Khlopkov Yu.I. Kosmicheskii lift [Space elevator], Works of the 55th All-Russian youth conference MIPT «Modern problems of fundamental and applied sciences»- Dolgoprudnyi-Zhukovskii, 2012., pp. 30-32.

### Литература:

1. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств 1911-1912 гг. // Собр. соч., - М.: Изд. АН СССР, - 1954.
2. Кларк Артур Фонтаны Рая. - М.: И.Л., - 1967.
3. Вяткин А.В., Хлопков Ю.И. Космический лифт // Труды 55-ой всероссийской молодежной научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». - Долгопрудный-Жуковский, 2012., с. 30-32.

### Information about authors:

1. Yuri Khlopkov - Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: khlopkov@falt.ru
2. Andrey Vyatkin - Student, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: khlopkov@falt.ru
3. Anton Khlopkov - Engineer, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: khlopkov@falt.ru
4. Zay Yar Myo Myint - Candidate of Mathematical and Physical sciences, Doctoral Candidate, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: zayyarmyomyint@gmail.com



UDC: 533.6

# MONTE-CARLO METHODS FOR DETERMINATION OF AERO-THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SUPERSONIC AEROSPACE SYSTEMS

Yu. Khlopkov, Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor
M.M. Zay Yar, Candidate of Mathematical and Physical sciences, Doctoral Candidate
A. Khlopkov, Engineer
Kyaw Zin, Postgraduate Student
Moscow Institute of Physics and Technology, Russia

Great current scientific and applied value of rarefied gas dynamics is explained by practical importance of the solution of a wide range of tasks connected with the present stage of space exploration, development of vacuum technology. The first application of statistical methods was connected with direct modeling of gas flow and Monte-Carlo direct statistical simulation method appeared to be the most effective in the rarefied gas dynamics.

**Keywords:** Monte-Carlo method, aerodynamics of hypersonic vehicles, rarefied gas dynamic, aerospace systems.

Conference participants, National championship in scientific analytics

УДК: 533.6

# МЕТОДЫ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПЕРЗВУКОВЫХ ВОЗДУШНО КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Хлопков Ю.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Зея М.М., канд. физ.-мат. наук, докторант
Хлопков А.Ю., инженер-программист
Чжо З., аспирант
Московский физико-технический институт, Россия

Большое научное и прикладное значение, которое в настоящее время имеет динамика разреженных газов, объясняется практической важностью решения широкого круга задач, связанных с современным этапом освоения космоса, развитием вакуумной технологии. Первое применение статистических методов связывалось с непосредственным моделированием течений газов и методы прямого статистического моделирования Монте-Карло оказались наиболее эффективными в динамике разреженных газов.

**Ключевые слова:** Метод Монте-Карло, аэродинамика гиперзвуковых аппаратов, динамика разреженного газа, воздушно-космических систем.

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике

Высокая стоимость выведения грузов на космическую орбиту объясняется высокой стоимостью ракетных двигателей, сложной системой управления, дорогими материалами, используемыми в конструкции ракет и их двигателей и главным образом их одноразовым использованием.

В конце XX века удельная стоимость выведения полезной нагрузки на низкую орбиту для одноразовых и частично многоразовых носителей США и Западной Европы составляла, примерно, от 10 000 до 25·000 $/кг. Для транспортной космической системы «Space Shuttle» стоимость доставки 1 кг полезной нагрузки на околоземную орбиту составляет 10 416 $/кг (в 2011 г.). Использование нового поколения одноразовых носителей типа «Atlas V», «Delta IV» и «Ariane V» должно привести к некоторому снижению удельной стоимости выведения, но, не слишком значительному. Вследствие комплекса причин удельная стоимость выведения одноразовыми российскими ракетами заметно меньше. Например, стоимость выведения носителями «Союз» и «Протон» на самом деле составляют 2 400 и 2 100 $/кг соответственно.

Многоразовая космическая система предназначена для решения широкого круга задач в космосе, в том числе:

- Выведение на околоземную орбиту и возврат с орбиты полезных различных грузов;
- Транспортно-техническое обеспечение космических объектов различного назначения;
- Проведение аварийно-спасательных работ на орбите;
- Решение научно-технических и технологических экспериментов в космосе;
- Проведение международного контроля за космическим пространством;
- Экологический контроль за космическим пространством и земной поверхностью;

Создание, следующих друг за другом, поколений космической техники невозможно без умения решать, наверное, самое сложное уравнение математической физики – кинетическое уравнения Больцмана.

Развитие численных методов в динамике разреженных газов связано в первую очередь с использованием метода прямого статистического моделирования процессов, описываемых кинетическим уравнением Больцмана

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \bar{o}\nabla f = \int (f' f_1' - f f_1)\bar{g}bdbd\varepsilon d\bar{\mathbf{o}}_1 = J(f)$$

Здесь $f = f(t, x, y, z, \xi_x, \xi_y, \xi_z)$ – функция распределения молекул по времени, координатам и скоростям. $f, f_1, f', f_1'$ - функции распределения, соответствующие скоростям пары частиц до и после столкновения, $g = |\mathbf{g}| = |\boldsymbol{\xi}_1 - \boldsymbol{\xi}|$ – относительная скорость, $b$–прицельное расстояние, ε – азимутальный угол в плоскости, перпендикулярной плоскости столкновения. В практической реализации методы прямого статистического моделирования, основанные на подходах Бёрда [1] (моделирование динамики ансамбля молекул) и Хэвиленда [2] (моделирование индивидуальных траекторий молекул), оказались наиболее эффективными и их модификации с переменным успехом осуществляли победное шествие по вычислительной аэродинамике. К настоящему времени безусловный приоритет в динамике разреженного газа принадлежит методу Бёрда, модификации которого трудами отечественных исследователей О.М. Белоцерковского, В.Е. Яницкого, М.С. Иванова, В.А. Перепухова, А.И. Ерофеева, Ю.И. Хлопкова позволили буквально на порядки повысить

эффективность метода. Суть метода заключается в том, что эволюция системы на малом промежутке времени $\Delta t \to 0$ расщепляется на два ясных физических процесса:

1. релаксацию в соответствии с оператором столкновений в кинетическом уравнении

$$\frac{\partial f}{\partial t} = J(f)$$

2. свободномолекулярный перенос

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -\vec{\xi}\nabla f$$

Это хорошо известная схема расщепления первого порядка по $\Delta t$ для любого операторного уравнения, но в данном случае она подкупает тем, что расщепляет динамику такой сложной кинетической системы на два ясных физических процесса. Функция распределения моделируется $N$ частицами, которые на первом этапе в каждой ячейке между собой сталкиваются в соответствии с частотой столкновения на протяжении времени $\Delta t$, а на втором, в течение $\Delta t$, перелетают на расстояния $\vec{\xi}_j \Delta t$. Центральным местом в методе нестационарного статистического моделирования является процедура подсчета столкновений. Пара частиц выбирается для столкновения в соответствии с частотой столкновений молекул вне зависимости от расстояния между ними в данной ячейке. Скорости частиц после столкновения выбираются в соответствии с законами взаимодействия молекул. Хотя эффективность метода зависит от довольно многих параметров схемы счета (установления, расщепления по времени, выхода на стационарный режим, шага по времени, сетки по пространству и т.д.), основные работы по совершенствованию метода посвящены улучшению процедуры столкновений и уменьшению статистической погрешности схемы, как основного момента, позволяющего уменьшить количество частиц в ячейках и, соответственно, уменьшить оперативную память вычислительной машины и уменьшить время расчёта. Так, в работе [3, 4] была предложена модификация процедуры столкновений для одного частного случая – максвелловских молекул, при которой результаты расчета практически не зависят от количества частиц в ячейке при их изменении от 40 до 6. В многих работах предложен общий метод, независящий от сорта молекул, в котором на этапе столкновений подсистема частиц в каждой ячейке рассматривается как $N$-частичная модель Каца [5]:

$$\frac{\partial \varphi_1(t,\vec{\xi}_1)}{\partial t} = \frac{N-1}{N}\int\left[\varphi_2(t,\vec{\xi}_1',\vec{\xi}_2') - \varphi_2(t,\vec{\xi}_1,\vec{\xi}_2)\right] g_{12}\, d\sigma_{12}\, d\vec{\xi}_2$$

Моделирование столкновения сводится к статистической реализации эволюции не уравнения Больцмана, а модели Каца в течение времени $\Delta t$. Время столкновения в модели Каца рассчитывается в соответствии со статистикой столкновения в идеальном газе по схеме Бернулли. Эта схема позволяет использовать существенно меньшее число частиц в ячейке и более мелкий шаг расчетной сетки. Анализ результатов показал, что результаты расчета практически не зависят от количества частиц в ячейке вплоть до 2. Дело в том, что уравнение Больцмана с необходимостью требует предположения о молекулярном хаосе, которое при том количестве частиц в ячейке, на которое способны современные компьютеры, выполняется с систематической ошибкой. Уравнение Каца этого не требует и поэтому этап столкновения рассчитывается как чисто марковский процесс. А с другой стороны, при $N \to \infty$ имеет место полная эквивалентность модели Каца и пространственно однородного уравнения Больцмана. Таким образом, разработанный *Белоцерковским – Яницким* подход [6]:

- даёт путь построения эффективных численных схем, обеспечивающих возможность решения трёхмерных задач аэродинамического обтекания;

- решает важнейшую методологическую задачу эквивалентности численного метода решению кинетического уравнения.

При разработке метода прямого стационарного моделирования – движения пробных траекторий – Хэвиленд вынужден был привлекать уравнение Больцмана в следующем итерационном виде:

$$\bar{\xi}\frac{df^{(k)}}{dx} = \int (f'^{(k)} f_1^{(k-1)} - f^{(k)} f_1^{(k-1)})\, g b\, db\, d\varepsilon\, d\bar{\xi}_1$$

Наиболее очевидно связь методов Монте-Карло и кинетического уравнения устанавливается для линеаризованного уравнения в виде [7]

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\varphi k(\bar{\xi}) + \int K(\bar{\xi},\bar{\xi}_1)\varphi_1 d\bar{\xi}_1$$

когда для него в соответствии с ядром интегрального уравнения строится процедура Улама-Неймана [8, 3]. Уравнение записывается в интегральном виде:

$$\varphi(t,x,\xi) = \varphi(t_0, x-\xi(t-t_0))e^{-k(\xi)(t-t_0)} + \int K(\xi,\xi_1)e^{-k(\xi)(t-\tau)}\varphi(\tau, x-\xi(t-\tau),\xi_1)\, d\xi_1 d\tau$$

В более удобной записи, соответствующей фредгольмовскому типу II-рода, оно будет иметь вид

$$\varphi(t,y) = \psi(t,y) + \int P(t_1,y_1,t,y)\varphi(t_1,y_1)\, dy_1 dt_1$$

где $y$ означает фазовое пространство $(x, \xi)$.

Для молекул твердых сфер вид ядра этого интегрального уравнения был выведен Гильбертом [7]. В безразмерной форме:

$$P = \frac{k_0 d^2}{\sqrt{\pi}} e^{-\xi_1^2}\left[g - \frac{2}{g}e^{\xi_1^2} - \frac{(\xi_1 g)^2}{g^2}\right]\times \times e^{-k_0 d^2 t}\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int g e^{\xi_1^2} d\xi_1$$

Решение строится следующим образом. Уравнению Фредгольма II-го рода сопоставляется однородная цепь Маркова с начальным распределением, соответствующим начальной функции распределения

$$\psi(t,y) = \varphi\left[t_0, y-\xi(t-t_0)\right]e^{-k(\xi)(t-t_0)}$$

и матрицей перехода, соответствующей ядру. В этом случае вероятность последовательности $(t_1, y_1) \to (t_2, y_2) \to \ldots (t_e, y_e)$, состоящей из $l$ рассеяний, равна $\psi(t_1, y_1)\, P(t_1, y_1 \to t_2, y_2) P(t_2, y_2 \to t_3, y_3) \ldots \times P(t_{e-1}, y_{e-1} \to t_e, y_e) dt,\ dy \ldots dt_e,\ dy_e$, и математическое ожидание некоторой случайной величины

$$X = \sum_{i=1}^{e} \mathrm{o}(t_i, y_i)$$

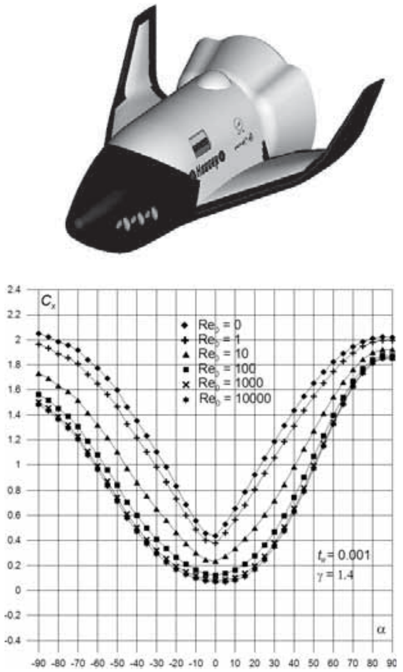



**Рис.1. Зависимости $C_x$(α) для ВКС «Клипер»**

Будет равно функционалу от решения исходного уравнения

$$(\varphi,\psi) = M[X].$$

Решение нелинейного кинетического уравнения методом стационарного статистического моделирования фактически проводится методом итераций. В каждой $k$-й итерации получается линейное интегральное уравнение, которое, в этой итерации решается методом Монте-Карло. Так, например, для модельного уравнения Крука оно имеет вид

$$f^{(k+1)} = f_n e^{-\int \nu(k)dt} + \int \frac{f_0^{(k)}}{n^{(k)}} e^{-\int \nu(k)dt} f^{(k+1)} d\xi dt.$$

В каждой итерации вычисляются макропараметры, входящие в исходное уравнение $n^{k+1}$, $u^{k+1}$, $f^{k+1}$ и $\nu^{k+1}$ и после этого переходят к следующей итерации. Если метод последовательных приближений сходится, то переход от одной итерации к другой в конечном итоге, приводит к решению кинетического уравнения.

Методам традиционного использования статистического моделирования посвящено огромное количество работ, поэтому мы ограничимся в основном задачами аэродинамики. Как уже отмечалось, в практической реализации для задач динамики разреженных газов статистические методы оказались более эффективными по сравнению с регулярными и полурегулярными методами [9]. Для задач обтекания, как наиболее существенных в аэродинамике, они впервые были успешно применены для получения аэродинамических характеристик различных, в том числе и сложных тел в свободномолекулярном и близком к свободномолекулярному потоках. На рис. 1 представлены зависимости коэффициент сопротивление силы $C_x$ от угла атаки α для воздушно-космического самолета ВКС «Клипер, модель ЦАГИ»[10].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 11-07-00300-а).

## References:

1. Bird G.A. Shock-wave structure in rigid sphere gas, Rarefied Gas Dynamics. N-Y. Acad. Press, Vol. 1, 1965.

2. Haviland J.K., Lavin M.L. Application of the Monte Carlo Method to Heat Transfer in a Rarefied Gas, Phys. Fluids, Vol. 5, No. 11, 1962.

3. Khlopkov Yu.I. Statisticheskoe modelirovanie v vychislitel'noi aerodinamike [Statistical modeling in computational aerodynamics]. – Moscow., MFTI, 2006. –260 p.

4. Khlopkov Yu.I., Serov V.V. Sovershenstvovanie metodov pryamogo nestatsionarnogo modelirovaniya [Improvement of methods of direct non-stationary modeling]. – Moscow., MFTI, 1987.

5. Kats M. Veroyatnost' i smezhnye voprosy v fizike [Probability and related issues in physics]. – Moscow., Mir, 1967.

6. Belotserkovskii O.M., Khlopkov Yu.I. Metody Monte-Karlo v mekhanike zhidkosti i gaza [Monte Carlo methods in mechanics of liquids and gases]. – Moscow., Azbuka, 2008. –330 p.

7. Kogan M.N. Dinamika razrezhennykh gazov [Dynamics of the rarefied gases]. – Moscow., Nauka, 1967. –440 p.

8. Ermakov S.M. Metod Monte-Karlo i smezhnye voprosy [Monte Carlo method and related issues]. – Moscow., Nauka, 1971. –327 p.

9. Belotserkovskii O.M., Khlopkov Yu.I. Metody Monte-Karlo v mekhanike zhidkosti i gaza [Monte Carlo methods in mechanics of liquids and gases]. – Moscow., Azbuka, 2008. –330 p.

10. Zeya M'o M'int, Khlopkov A.Yu. Aerodinamicheskie kharakteristiki letatel'nogo apparata slozhnoi formy s uchetom potentsiala vzaimodeistviya molekulyarnogo potoka s poverkhnost'yu [Aerodynamic characteristics of the complex form aircraft taking into account the potential of interaction of a molecular stream and a surface], Scientific notes of TsAGI., 2010., Vol. XLI, No. 5., pp. 33-45.

## Литература:

1. Bird G.A. Shock-wave structure in rigid sphere gas // Rarefied Gas Dynamics. N-Y. Acad. Press, vol. 1, 1965.

2. Haviland J.K., Lavin M.L. Application of the Monte Carlo Method to Heat Transfer in a Rarefied Gas // Phys. Fluids, vol. 5, N. 11, 1962.

3. Хлопков Ю.И. Статистическое моделирование в вычислительной аэродинамике. – М.:МФТИ, 2006. – 260 с.

4. Хлопков Ю.И., Серов В.В. Совершенствование методов прямого нестационарного моделирования. – М.: МФТИ, 1987.

5. Кац М. Вероятность и смежные вопросы в физике. – М.:, Мир, 1967.

6. Белоцерковский О.М., Хлопков Ю.И. Методы Монте-Карло в механике жидкости и газа. – М.: Азбука, 2008. – 330 с.

7. Коган М.Н. Динамика разреженных газов. - М.: Наука, 1967. – 440 с.

8. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. – М: Наука, 1971. – 327 с.

9. Белоцерковский О.М., Хлопков Ю.И. Методы Монте-Карло в механике жидкости и газа. – М.: Азбука, 2008. – 330 с.

10. Зея Мьо Мьинт, Хлопков А.Ю. Аэродинамические характеристики летательного аппарата сложной формы с учётом потенциала взаимодействия молекулярного потока с поверхностью// Ученые записки ЦАГИ. – 2010. – Т. XLI, № 5. – с. 33-45.

## Information about authors:

1. Yuri Khlopkov - Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: khlopkov@falt.ru

2. Zay Yar Myo Myint - Candidate of Mathematical and Physical sciences, Doctoral Candidate, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: zayyarmyomyint@gmail.com

3. Anton Khlopkov - Engineer, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: khlopkov@falt.ru

4. Kyaw Zin - Postgraduate Student, Moscow Institute of Physics and Technology, address: Russia,

UDC 547.673:547.233

# STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF AMINOMETHYLATED ALIZARINE DERIVATIVES

M. Degtev, Doctor of Chemistry, Full Professor, Head of a Chair
N. Dudukalov, Postgraduate student
O. Popova, Postgraduate student
Perm State University, Russia

Physical and chemical properties of 1,2-dioxianthraquinone aminomethylated derivatives are studied, including the structure reagents, their solubility, acid-base and complexing properties with the ions of Sc(III), Y(III), La(III), Sm(III), Ce(III), Th(IV), Zr(IV).

**Keywords**: 1,2-dioxianthraquinone, alizarine derivatives, complexation, ions of metals, instability constants, correlation.

Conference participants, National championship in scientific analytics

УДК 547.673:547.233

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АМИНОМЕТИЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛИЗАРИНА

Дегтев М.И., д-р хим. наук, проф.
Дудукалов Н.В., аспирант
Попова О.Н., аспирант
Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия

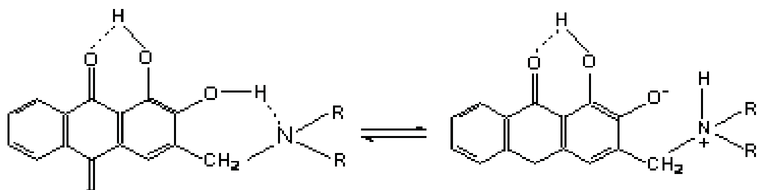
Исследованы физико-химические свойства аминометилированных производных 1,2-диоксиантрахинона, включая строение реагентов, их растворимость, кислотно-основные и комплексообразующие свойства с ионами Sc(III), Y(III), La(III), Sm(III), Ce(III), Th(IV), Zr(IV).

**Ключевые слова:** 1,2-диоксиантрахинон, производные ализарина, комплексообразование, ионы металлов, константы нестойкости, корреляция.

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике

Изучены физико-химические свойства 1,2-диокси-3,3-диметиламинометилантрахинона (ДМАА) и его аналогов: -3,3-диэтиламинометил- (ДЭАА) и -3,3-дибутиламинометилантрахинона (ДБАА). Показано, что все соединения обладают амфотерными свойствами. Растворимость (S) их в щелочах значительно выше, чем в кислотах, а в органических растворителях S повышается с ростом цепи алифатического амина, например, для $CCl_4$ она составляет, (г/л): ДМАА (0,58) < ДЭАА (0,60) < ДБАА (0,78).

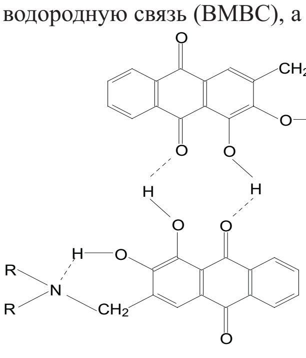
Структура полученных соединений подтверждена ИК и ПМР спектрами. Наиболее характеристическими в ИК спектрах антрахинонов являются полосы валентных колебаний карбонильных групп, лежащих в области 1625–1680 $см^{-1}$. Положение этих полос зависит от заместителей, например ОН-групп, образующих, с одной стороны, с карбонильной группой (α-оксигруппа) внутримолекулярную водородную связь (ВМВС), а с другой



I ⇌ II

(β-оксигруппа) возможно такую же связь с электронодонорным атомом аминного азота.

Положение полос СО-группы одинаково для ДЭАА, ДМАА и ДБАА. Из представленного ниже строения полученных соединений и литературных данных можно допустить образование внутримолекулярных хелатных циклов (I) с вовлеченными для этих целей гидроксильными группами или биполярных ионов (II).



(A)

Исследования электронных спектров поглощения, снятых в этаноле и гексане, подтвердили эффекты внутримолекулярного влияния. Из спектров поглощения в этаноле следует, что в ДЭАА исчезает полоса при λ = 225 нм и наблюдается расщепление полосы λ = 250 нм, связанное с батохромным смещением максимума поглощения на 20 нм, которое возрастает с увеличением длины алкильного радикала вторичного амина. В видимой области спектра полоса поглощения λ = 438 нм (1,2-диоксиантрахинон – ДА) также батохромно смещается у ДЭАА и других соединений на 90 нм. В спектрах ДЭАА в $CCl_4$ появляется полоса поглощения при λ = 305–307 нм, интенсивность которой растет от ДМАА к ДБАА. То есть, аминометилированные производные ализарина (АМПА) ведут себя аналогично β-замещенным антрахинонам. Появление полос в интервале λ = 270–280 нм и λ = 470-500 нм можно объяснить образованием ВМВС (I) или межмолекулярных (А) водородных связей в молекулах реагента.

Все АМПА являются слабыми органическими кислотами, диссоциация которых протекает ступенчато. Депротонизация аминометилированных производных ализарина в кислых растворах не сопровождается изменением окраски, поскольку не затрагивает π-электронную систему антрахинона. Депротонизация заместителей, входящих в π-электронную систему ДА, приводит к батохромному смещению максимума светопоглощения реагента. Ниже приведена схема кислотной диссоциации АМПА.

Согласно схеме, только депрото-

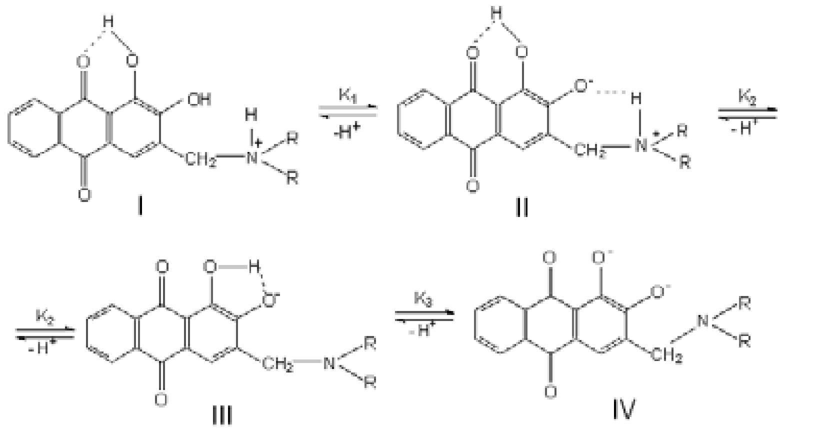
низация по третьей ступени сопровождается изменением окраски растворов реагентов и их оптических характеристик. На кривых светопоглощения наблюдается три максимума, при этом константы аминометилированных производных ализарина мало отличаются друг от друга: ДА – $pK_1$ = 3,30; $pK_2$ = 9,63; ДМАА – $pK_1$ = 4,44; $pK_2$ = 9,02; $pK_3$ = 10,48; ДЭАА – $pK_1$ = 4,46; $pK_2$ = 9,12; $pK_3$ = 11,25; ДБАА – $pK_1$ = = 4,57; $pK_2$ = 9,31; $pK_3$ = 11,30.

Сравнение полученных данных с константами диссоциации ДА показывает, что введение аминоалкильных или аминоацильных групп в молекулу реагента приводит к повышению основности и появлению соответствующих констант с pK 10,48–11,25. Кроме того, помимо образования ВМВС α-гидроксогруппы с карбонильным кислородом, возникает водородная связь β-гидроксогруппы с гетероатомом азота.

Спектры поглощения ДМАА, ДЭАА, ДБАА сняты в интервале pH от 2,0 до 10,0 в области 340–750 нм, $C(R) = 8\cdot10^{-5}$ моль/л, L = 2 см. В качестве примера приведены спектры поглощения ДЭАА.

Как следует из рисунка, в интервале pH 2,0–4,0 на кривых светопоглощения ДЭАА имеет место максимум при λ = 400–420 нм, и раствор окрашен в желтый цвет. Повышение pH > 4,0 приводит к батохромному сдвигу максимума светопоглощения на ≈ 110 нм и при pH > 5,0 доминируют в равной степени формы (III) и (IV) с максимумом светопоглощения при λ = 490-520 нм, имеющие красно-малиновую окраску.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что введение алифатических аминов с алкильными ра-




дикалами $C_3H_7$ и $C_4H_9$, по-видимому, увеличит оптическую плотность последних в кислых и щелочных растворах. Этому способствует увеличение (+) индукционного эффекта в молекуле производных ализарина. Вместе с этим можно допустить, что реагент с радикалом $C_4H_9$ будет оптимальным для АМПА, поскольку дальнейшее увеличение алкильной цепи будет нивелировать индукционной эффект в соединении.

Полученные соединения были исследованы в качестве комплексообразующих реагентов с высокозарядными ионами металлов. В мерные колбы вместимостью 25 мл вводили $10^{-3}$ моль/л раствора соли выше перечисленных ионов металлов, буферный раствор, 0,5%-ный раствор желатина в качестве стабилизатора, двойной избыток раствора реагента, соблюдая соотношение R : Me = 2, и дистиллированной водой доводили до метки. После перемешивания смесь выдерживали 5-7 мин при температуре 296-298 К и замеряли оптическую плотность окрашенных растворов в кюветах L = 2 см на Unico-1201 на фоне раствора реагента.

Комплексообразование реагентов

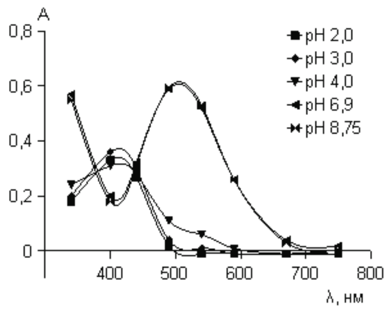



**Рис.1. Спектры поглощения ДЭАА в зависимости от длины волны λ и pH среды, L = 2 см**

с высокозарядными ионами изучено в интервале pH 1,5–10,0. Необходимое значение pH поддерживали ацетатно-буферными растворами, а также растворами $CH_3COONa$ – HCl или $CH_3COONa$ – NaOH.

Установлено, что максимальный выход по комплексам наблюдается для Sc, Th, Zr в области pH 2,0-4,0; La, Sm, Ce – 6,0-8,0; Y – 5,0-6,0. При этом оптимальное поглощение комплексов Sc, Zr проявляется при $\lambda_{max}$ = 515-520 нм; Th – 540 нм; La, Sm, Ce – 600-610 нм; Y – 590 нм. Для всех комплексов найдено отношение реагент : ион металла, равное 2 : 1. Определены константы нестойкости $K_{нест}$ и коэффициенты молярного поглощения ком-

Табл.1.

**Спектрофотометрические характеристики комплексов ионов металлов с N,N-дибутиламинометил-1,2-диоксиантрахиноном**

| Характеристики | Ион металла | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Y | Sc | La | Sm | Ce | Th | Zr |
| $pH_{опт}$ | 5,2-6,0 | 2,8-3,0 | 6,5-6,8 | 7,0-7,1 | 7,0-7,1 | 1,2-3,0 | 2,6-3,5 |
| $\lambda_{max}$, нм | 590 | 515-520 | 610 | 600 | 610 | 540 | 520 |
| $A_{опт}$ | 0,82 | 0,92 | 0,86 | 0,44 | 0,50 | 0,50 | 0,46 |
| R : Me | 2 : 1 | 2 : 1 | 2 : 1 | 2 : 1 | 2 : 1 | 2 : 1 | 2 : 1 |
| $K_{нест}$ | $9,1\cdot10^{-7}$ | $2,2\cdot10^{-7}$ | $9,4\cdot10^{-7}$ | $8,0\cdot10^{-7}$ | $8,8\cdot10^{-7}$ | $6,6\cdot10^{-7}$ | $7,7\cdot10^{-7}$ |
| ε | 10880 | 12300 | 11560 | 10300 | 10860 | 8400 | 8100 |

плексов. По значениям $K_{нест}$ реагенты расположены в последовательности: ДБАА > ДЭАА > ДМАА. Их значения для реагента ДБАА и другие количественные характеристики приведены в таблице.

Приведенные сведения (табл.) позволили выявить удовлетворительную корреляцию между ионными радиусами катионов металлов и константами нестойкости их комплексов на примере реагента ДБАА.

**Information about authors:**

1. Michail Degtev - Doctor of Chemistry, Full Professor, Head of a Chair, Perm State University, address: Russia, Perm city; e-mail: popovaolgakm@yandex.ru

2. Nikolay Dudukalov - Postgraduate student, Perm State University, address: Russia, Perm city; e-mail: dnv87@mail.ru

3. Olga Popova - Postgraduate student, Perm State University, address: Russia, Perm city; e-mail: popovaolgakm@yandex.ru

# THE MICHAEL REACTION IN THE MODEL DOUBLE-PHASE SYSTEM «OIL-WATER»

G. Simonian, Candidate of Chemistry, Associate Professor
Yerevan State University, Armenia

The kinetics of reaction between water-soluble N-[three(hydroxymethyl)methyl)acrylamide(TA) and oil-soluble decylamine (DA) in double-phase water-heptane system in the absence and presence of surfactant is studied as a "water-oil" model. It is shown that with increasing interfacial surface and mixing rate the rate of reaction also increases. It is established that the product of TA+DA reaction doesn't dissolve in water and in heptane. During the reaction with the increasing product's concentration at the slow mixing rate the product distributes between water and heptane. This is the "chemical sandwich" and the product of reaction has the fractal structure.

**Keywords:** oil, water, transformation, inverse inter-phase catalysis, surfactant, amines, solvent, kinetics, chemical sandwich, fractal.

Conference participant, National championship in scientifi c analytics, Open European and Asian research analytics championship

# РЕАКЦИЯ МИХАЭЛЯ В МОДЕЛЬНОЙ ДВУХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ «НЕФТЬ- ВОДА»

Симонян Г.С., канд. хим. наук, доцент, профессор РАЕ
Ереванский государственный университет, Армения

В рамках модели "нефть-вода" изучена кинетика реакции водорастворимого N-[три(гидроксиметил)метил]акриламид(ТА) с жирорастворимым дециламином (ДА) в двухфазной системе вода-гептан в отсутствие и присутствии поверхностно активного вещества (ПАВ). Показано, что с увеличением межфазной поверхности и скорости перемешивания скорость реакции увеличивается. Установлено, что продукт реакции ТА+ДА не растворяется в воде и в гептане, и по ходу реакции с увеличением его концентрации при малых скоростях перемешивания он распределяется между водой и гептаном. Получается «химический сендвич», при этом продукт реакции имеет фрактальную структуру.

**Ключевые слова:** нефть, вода, трансформация, обращенный межфазный катализ, поверхностно-активные вещества, амины, растворитель, кинетика, химический сендвич, фрактал.

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

Нефть и нефтепродукты, попадающие в водную среду естественных водоемов, очень скоро перестают существовать как исходные субстраты. Нефть в природных условиях состоит из смеси метановых, нафтеновых и ароматических углеродов. В нефти также содержится некоторое количество твердых и газообразных растворенных углеродов. Главную массу в нефти составляют асфальтово – смолистые компоненты. Это темноокрашенные вещества, содержащие углерод, водород, кислород, серу и азот. Они представлены асфальтенами и смолами [1,2].Содержание азота в нефти редко превышает 1% [2]. Нейтральные азотсодержащие соединения нефти представлены арилпроизводными аммиака, пиррола, индола, карбазола, бензокарбазола и амидами предельных и непредельных кислот.

Нефть и нефтепродукты относятся к числу наиболее опасных загрязнителей водоемов.В воде нефть находится в различных миграционных формах; поверхностных пленках, эмульсиях ( типа "нефть в воде" и " вода в нефти"), нефтяных агрегатах и комочках, в растворенной форме, сорбированный взвесями и донными осадками. Устойчивость водно-нефтяных эмульсий существенно зависит от поверхностно – активных веществ (ПАВ), которые концентрируются в межфазном слое эмульсии. В процесе формирования эмульсии принимают участие компоненты нефти с высокой поверхностной активностью, нафтеновые и жирные кислоты, смолы, вещества с низкими поверхностно-активными свойствами, асфальтенами [3].

Исследование геохимии нефтезагрязненных водных геосистем показало, что в результате физических, химических и биологических процессов деградация нефти носит многоэтапный характер и характеризуется последовательным изменением эколого- геохимических характеристик. Можно сказать, что трансформация нефти протекает через реакции гидрирования, дегидрирования, гидроксилирования, оксосинтеза, карбоксилирования, декарбоксилирования, эстерификации, гидролиза, конденсации, совокупность которых приводит к деградации углеродного субстрата. Надо отметить,что непредельные органические соединения и амины образуются также в результате гидролиза белков и прямым дезаминированием аминокислот [4].

Таким образом, нефть, попадая в водную среду естественных водоемов, будучи нерастворимой в воде, образует двухфазную систему нефть-вода и рекции трансформации нефти, в основном, протекают на границе раздела фаз нефть-вода и в эмульсиях, то есть протекают реакции межфазного катализа. Межфазный каталз впервые предложен Старксом [5], который часто используют для реакции нуклеофильного замещения с участием, например алкилгалогенидов: RX + MY= RY + MX, где RX – алкилгалогенид, MY- соль, с использованием четвертичных аммонийных солей ($R_4NX$), которые не обладают поверхностной активностью, играющих роль межфазных катализаторов. Применение этого метода имеет свои ограничения. Одно из них связано с тем, что только анионы переходят из водной фазы(ВФ) в органическую(ОФ), где и протекает реакция. Следует еще раз подчеркнуть, что основной средой реакции является не вода, а органическая фаза.

Второй тип межфазного катализа – это предложенный Матиасом и Ваида [6]- обращенный межфазный катализ (ОМФК), (Inverse Phase Transfer Catalysis), при котором субстрат из ОФ переходит в ВФ. Буаеом, Роком и сотр. [7] была разработана новая методология, которая может быть в принципе применена для очень широкого класса органических реакций. Это чистый ОМФК. Идея заключается в использовании двухфазной системы, одной из которых является вода, содержащая ПАВ в количествах чуть больше ККМ в качестве переносчика субстрата из ОФ в ВФ, где находится водорастворимый реагент. При изучении влияния скорости перемешивания в присутствии ПАВ авторами работ [8] установлено новое явление: при высоких скоростях перемешивания двухфазная система превращается во временную квазистабильную эмульсию. При этом скорость эпоксидирования увеличивается почти на два порядка. После

**Табл.1.**

**Влияние S на скорость реакции ТА с ДА в системе вода - гептан при $[ТА]_0$=$[ДА]_0$=1.0 моль/л T=293K, $W_{пер}$ = 100 об./мин.**

| S, $см^2$ | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^5 \cdot W$, моль/л·с | 1.0 | 1.8 | 2.9 | 3.7 | 4.4 |

**Табл.2.**

**Влияние скорости перемешивания на скорость реакции ТА с ДА в системе вода – гептан, $[ТА]_0$ =$[ДА]_0$ =1.0 моль/л, T=293K, S =2$см^2$**

| $W_{пер}$, об/мин. | 0 | 100 | 300 | 500 | 800 | 1000 | 1200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $10^5 \cdot W_1$, моль/л·с | 0.9 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 2.3 | 2.5 |
| $10^5 \cdot W_2$, моль/л·с | 1.0 | 1.3 | 1.9 | 2.6 | 4.1 | 7.1 | 10 |

остановки перемешивания система вновь становится двухфазной. Это явление названо межповерхностным катализом (МПК), (InterfaceCatalysis) [8].

Нами впервые методы ОМФК и МПК использованы для реакций присоединения нуклеофилов(аминов) по активированной двойной углерод-углерод связи[9,10], широко известны под названием реакции(конденсации) Михаэля [11].

В работах [9,10,12] нами изучено влияние природы и концентрации ПАВ, температуры и скорости перемешивания на начальную скорость реакции водорастворимого диэтаноламина с жирорастворимым бутилакрилатом в двухфазной системе вода-гептан.

Целью настоящей работы является изучение в рамках модели «нефть-вода» влияния межфазной поверхности, скорости перемешивания и ПАВ на скорость реакции водорастворимого N-[три(гидроксиметил)метил] акриламид (ТА) с жирорастворимым дециламином (ДА) в двухфазной системе вода-гептан.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Использовали ТА, ДА и бромиддодецилтриэтиламония (ДТАБ) производства «Aldrich» без дополнительной очистки, гексан марки «спектроскопически чистый» и дистиллированную воду. Скорость реакции ТА с ДА изучили методом УФ-спектроскопии на спектрометре «Safas-170». За расходом ТА следили по уменьшению оптической плотности гептановых растворов при λ=230нм. Опыты проводили в цилиндрических стеклянных реакторах с различными диаметрами. Соотношение объемов двух фаз 1 : 1. Использовали магнитную мешалку с регулируемой скоростью перемешивания.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Показано, что начальная скорость реакции ТА + ДА в двухфазной системе вода–гептан описывается уравнением:

$$W_0 = k[ТА]_0[ДА]_0.$$

Одна тонна нефти, попадая в водную среду, уже через 10 минут распространяется на акватории в радиусе 50 метров и толщиной 110 мм. с последующим образованием более тонкой пленки [2]. Таким образом, со временем поверхность раздела фаз (S) увеличивается. Как видно из таблицы 1, с увеличением S (совпадающая с сечением цилиндрического реактора) скорость реакции симбатно увеличивается.

По приблизительным оценкам, скорость перемещения нефтяных пленок составляет 60% от скорости течения и 2-4% от скорости ветра [2]. Как видно из таблицы 2, при повышении скорости перемешивания скорость реакции ТА с ДА увеличивается.

Как видно из таблицы 2, с повышением скорости перемешивания начальная скорость реакции ТА с ДА ($W_1$) симбатно увеличивается вследствие увеличения скорости диффузии ДА в водную фазу, приводящей к росту концентрации ДА в воде – в реакционной зоне (скорость реакции увеличивается от $1.0 \cdot 10^{-5}$ моль/л·с при $W_{пер}$=0 об/мин, до $2.5 \cdot 10^{-5}$ моль/л·с при $W_{пер}$ =1200 об/мин.

При малых скоростях перемешивания продукт реакции ТА-ДА,который не растворяется и в воде и в гептане и по ходу реакции с увеличением его концентрации распределяется между водой и гептаном. Получается “химический сендвич”,при этом продукт реакции имеет фрактальную структуру.

Когда ДТАБ отсутствует, реакция протекает на границе раздела фаз вода-гептан. Когда $[ДТАБ]_0$ = 0,1 моль/л, в водной фазе образуются мицеллы, в которых солюбилизуется ДА. Таким образом, концентрация ДА повышается в водной фазе и, кроме того, реакция протекает также в мицеллах - в новой реакционной зоне. Микроокружение в мицеллах своеобразное, кроме того, свойства объемной воды отличаются от свойств воды, находящейся в мицеллярной фазе. Этого можно было ожидать, так как ДТАБ, будучи растворимым в воде, будет способствовать переносу ДА из гептана в воду, где скорость реакции Михаэля наибольшая [13].

Влияние скорости перемешивания на скорость реакции в присутствии ДТАБ оказалось сложнее. Как видно из табл.2 ($W_2$), до скорости перемешивания 500 об/мин начальная скорость реакции ТА с ДА увеличивается не так резко и система двухфазная, а при $W_{пер}$> 800 об./мин начальная скорость реакции увеличивается резко (от от $4.1 \cdot 10^{-5}$ моль/л·с при $W_{пер}$ = 800 об/мин, до $10 \cdot 10^{-5}$ моль/л·с при $W_{пер}$ =1200 об/мин). Это объясняется тем, что при интенсивном перемешивании образуются сравнительно мелкие капельки с очень развитой поверхностью раздела, в результате чего общая скорость реакции увеличивается. После прекращения смешивания эмульсия спадается и вновь образуются отдельные фазы. В области скорости перемешивания 500-800 об/мин имеем смешанный механизм, то есть система не двухфазная и не эмульсия. При больших скоростях перемешивания (Wпер=1200об/мин) в присутствии ДТАБ до 10% превращения эмульсия нестабильная и начальная скорость реакции увеличается на порядок, а потом получается стабильная эмульсия и реакция останавливается. Однако, при этом образуется только моноаддукт реакции.

Таким образом, врамках модели «нефть-вода» изучена кинетика реакции ТА с ДА в двухфазной системе вода-гептан.Показано, что с увеличением межфазной поверхности и скорости перемешивания скорость реакции увеличивается. Установлено, что продукт реакции ТА+ДА не растворяется в воде и в гептане, и по ходу реакции получается «химический сендвич», при этом продукт реакции имеет фрактальную структуру.

## References:


1. Davidov S.L., Tarasov V.I. Neft' i nefteprodukty v okruzhayushchei srede [Oil and oil products in environment]. –Moscow, PFUR, 2004. – 163 p.
2. Syrkin A.M., Movsumzade E.M.Osnovy khimii nefti i gaza [Fundamentals of oil and gas chemistry].–Textbook, Ufa, USPTU, 2002. – 109 p.
3. Pozdnyshev G.N. Stabilizatsiya i razrushenie neftyanykh emul'sii [Stabilization and destruction of oil emulsions]. –Moskva., Nedra, 1982. – 220 p.
4. Taube P.R., Baranova A.G. Khimiya i mikrobiologiya vody [Chemistry and microbiology of water].–Moscow, Higher school., 1983. – 280 p.
5. Starks C.M. Phase-Transfer Catalysis I. Heterogenues Reactions Involving Anion Transfer by Quaternery Ammonium and Phosponium Salts. J.Am. Chem. Soc. – 1971, V. 93, No.1, pp. 195-199.
6. Mathias L.J., Waidia R.A. Inverse phase transfer catalisis.First repost of a nev class of interfasial reactions. J.Am. Chem. soc. – 1986, V. 108, No. 5, pp.1093 –1094.
7. Boyer B., Betzer J.F., Lamaty G., Leydet A., Roque J.-P. Invers phase catalisis I - Oxidation of a,b-Unsaturated Ketones by borhidrine in a micellar two-phase medium. New J.Chem. – 1995, V.19, pp. 807-810.
8. Boyer B., Hambardzoumian A., Roque J.-P., Beylerian N. Reaction in Biphasic Water,organic Solvent System in the Presence of Surfactant: Invers Phase Transfert Catalysis or interfacial Catalysis, Tetrahedron –2000, V. 56, pp.303-303.
9. Simonyan, G.S. i Beileryan, N.M., Kondensatsiya Mikhaelya v dvukhfaznoi sisteme. Primenenie metoda obrashchennogo mezhfaznogo kataliza k reaktsii butilakrilata s dietanolaminom v sisteme voda-geptan [Michael's condensation in the two-phase system. Application of a method of the reverse inter-phase catalysis to the reaction of butyl acrylate with diethanolamine in the water-geptan system]. Kinetikaikataliz .– 2002, V. 43, –No.3, pp. 367-370.
10. Simonian G.S., Beylerian N.M. Roque J.-P., Boyer B. Michaelis type reaction in biphasic system.Study of the Butylacrylate – Diethanolamine reaction kinetics at high stirring rates.New case of interface catalysis. Oxidation Communication. – 2004, V. 27, No.1, pp.65-70
11. Khimiya alkenov [Chemistry of alkenes]. edited by S.P ataya. – Lenibgrad., Khimiya, 1969., pp. 260.
12. Simonyan G.S., Pirumyan G.P. Novyi podkhod k avtokatalizu pri izuchenii kondensatsii mikhaelya v model'noi dvukhfaznoi sistemy neft'-voda [New approach to the autocatalysis at studying Michael's condensation in the model two-phase system «oil-water»]. Ecological chemistry. – 2010., T. 19., No. 3., pp. 168-171.
13. Simonian G.S. Beyleryan N.M. The solvent action on michaelis reaction Rate. A New parameter concerning the solvent polarity. Oxidation Commun.– 2003., V. 26., No. 4., pp. 485-491.


## Литература:


1. Давидов С.Л., Тарасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. –М., РУДН, –2004. –163 с.
2. Сыркин А.М., Мовсумзаде Э.М.Основы химии нефти и газа.– Учеб. Пособие, Уфа, УГНТУ, –2002. –109 с.
3. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсии. –М., Недра, –1982. –220 с.
4. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды.–М., Высш. шк.,–1983.–280 с.
5. Starks C.M. Phase-Transfer Catalysis I. Heterogenues Reactions Involving Anion Transfer by Quaternery Ammonium and Phosponium Salts. //J. Am. Chem. Soc.–1971,–V.93,– №1,– P.195-199.
6. Mathias L.J., Waidia R.A. Inverse phase transfer catalisis.First repost of a nev class of interfasial reactions.//J.Am. Chem. soc.–1986,–V.108,–№ 5,–P.1093 –1094.
7. Boyer B., Betzer J.F., Lamaty G.,Leydet A., Roque J.-P. Invers phase catalisis I - Oxidation of a,b-Unsaturated Ketones by borhidrine in a micellar two-phase medium. //New J.Chem.–1995,– V.19,–P.807-810.
8. Boyer B., Hambardzoumian A., Roque J.-P.,Beylerian N. Reaction in Biphasic Water/organic Solvent System in the Presence of Surfactant: Invers Phase Transfert Catalysis or interfacial Catalysis// Tetrahedron –2000, –V.56, –P.303-303.
9. Симонян, Г.С. и Бейлерян, Н.М., Конденсация Михаэля в двухфазной системе. Применение метода обращенного межфазного катализа к реакции бутилакрилата с диэтаноламином в системе вода-гептан.// Кинетикаикатализ.– 2002, –V.43, –№3, –P.367-370.
10. Simonian G.S., Beylerian N.M. Roque J.-P., Boyer B. Michaelis type reaction in biphasic system.Study of the Butylacrylate – Diethanolamine reaction kinetics at high stirring rates. New case of interface catalysis.// Oxidation Communication.–2004,– V.27,–№1,–P.65-70
11. Химия алкенов./под ред. С. Патая/. – Л., Химия, – 1969.– 260 с.
12. Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Новый подход к автокатализу при изучении конденсации михаэля в модельной двухфазной системы нефть-вода. // Экологическая химия.– 2010. Т.19. № 3. С.168-171.
13. Simonian G.S. Beyleryan N.M. The solvent action on michaelis reaction Rate. A New parameter concerning the solvent polarity. // Oxidation Commun.– 2003. –V.26.– №4.– P. 485-491.


## Information about author:


1. Geworg Simonian - Candidate of Chemistry, Associate Professor, Yerevan State University; address: Armenia, Yerevan city; e-mail: sim-gev@mail.ru

# GISAP Championships and Conferences 2015

| Branch of science | Dates | Stage | Event name |
|---|---|---|---|
| **FEBRUARY** | | | |
| Education and Psychology | 12-17.02 | I | Problems of quality of knowledge and personal self-actualization in terms of social trasformations |
| Philological Sciences | 24.02-02.03 | I | Development of language systems in the context of accelerated dynamics of public relations |
| Culturology, Sports and Art History / History and Philosophy | 24.02-02.03 | I | World-outlook aspects of development of the historical process and the spiritual culture formation |
| **MARCH** | | | |
| Medicine, Pharmaceutics / Biology, Veterinary Medicine and Agriculture | 10-16.03 | I | Modern methods of resistance to the influence of pathogenous factors on the person and biospheric processes |
| Economics, Law and Management / Sociology, Political and Military Sciences | 24-30.03 | I | The dominant of the humanism principle in modern social concepts and the civilized practice of public relations |
| **APRIL** | | | |
| Physics, Mathematics and Chemistry / Earth and Space Sciences | 14-20.04 | I | Studying the nature of matter and physical fields in the search for ways of the fundamental scientific gnoseology problems solution |
| **MAY** | | | |
| Technical Sciences, Construction and Architecture | 13-19.05 | I | Technical progress of mankind in the context of continuous extension of the society's material needs |
| **JUNE** | | | |
| Education and Psychology | 04-09.06 | II | Functions of upbringing and education in conditions of the accelerated socialization of the personality in the modern society |
| Philological Sciences | 25.06-01.07 | II | Development of the spoken and written language at the current stage of the intensive information turnover |
| **JULY** | | | |
| Culturology, Sports and Art History / History and Philosophy | 08.07-13.07 | II | The event-based structure, as well as cognitive, moral and aesthetic contents of the historical process |
| Medicine, Pharmaceutics / Biology, Veterinary Medicine and Agriculture | 21-27.07 | II | Life and health of the person through the prism of the development of medicine, food safety policy and preservation of the biodiversity |
| **AUGUST** | | | |
| Economics, Law and Management / Sociology, Political and Military Sciences | 05.08-11.08 | II | Modern trends in the intensive development of public relations and actual methods of their effective regulation |
| Physics, Mathematics and Chemistry / Earth and Space Sciences | 05.08 – 11.08 | II | Material objects and their interactions in the focus of modern theoretical concepts and experimental data |
| Technical Sciences, Construction and Architecture | 26.08 – 31.08 | II | Peculiarities of development of public production means and material recourses ensuring the activity of the person in early XXI century |
| **SEPTEMBER** | | | |
| Education and Psychology | 15-22.09 | III | Pressing problems of interpersonal communications in the educational process and the social practice |
| **OCTOBER** | | | |
| Philological Sciences | 08-13.10 | III | The role of linguistics and verbal communications in the process of informational support of ethnic originality of nations and their progressive interaction |
| Culturology, Sports and Art History / History and Philosophy | 21-27.10 | III | Factor of ideology and the driving force of human aspirations in the process of historical formation of moral and aesthetic culture |
| **NOVEMBER** | | | |
| Medicine, Pharmaceutics / Biology, Veterinary Medicine and Agriculture | 04-09.11 | III | Modern features of development of Biological science as factors of solution of pressing problems of human survival and the natural environment |
| Economics, Law and Management / Sociology, Political and Military Sciences | 19-25.11 | III | Conditions and aims of development of public processes in the context of priority of liberal values and respect to moral and cultural traditions |
| **DECEMBER** | | | |
| Physics, Mathematics and Chemistry / Earth and Space Sciences | 03-08.12 | III | Innovative approaches to the solution of systemic problems of fundamental sciences and matters of practical implementation of innovations |
| Technical Sciences, Construction and Architecture | 16-21.12 | III | Combination of factors of productivity, efficiency and aesthetics in modern requirements to functions and quality of technical devices and construction projects |

**International Academy of Science and Higher Education (IASHE)**
Kings Avenue, London, N21 1PQ, United Kingdom
Phone: +442032899949
E-mail: office@gisap.eu
**Web: http://gisap.eu**

2014